



## **GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA**

### **TRABAJO FINAL DE GRADO**

---

## **LENTES INTRAOCULARES BIFOCALES**

**ARIADNA BALDICH ARROYO**

MARIA CONSUELO VARÓN  
ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

**13 de enero de 2020**



## GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

El/la Sr./Sra. ...., como tutor/a del trabajo y el /la  
Sr./Sra. .... como director/a del trabajo

### CERTIFICAN

Que el/la Sr./Sra. .... ha  
realizado bajo su supervisión el trabajo .....  
..... recogido en esta memoria para optar al tí-  
tulo de grado en Óptica y Optometría.

Y para que conste, firmo/firmamos este certificado.

Sr/Sra.....

Tutor/a del trabajo

Sr/Sra.....

Director/a del trabajo

Terrassa, ..... de ..... de 20.....



## GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

# LENTES INTRAOCULARES BIFOCALES

## RESUM

**Context:** Les lents intraoculars són utilitzades per poder compensar poders diòptrics ja siguin refractius, en el cas de les ICL, o el poder diòptric del cristal·lí quan aquest s'extreu mitjançant una intervenció, com seria el cas de les cataractes. Existeixen diferents tipus de lents intraoculars que es poden classificar segons els focus que tenen o el disseny o esfericitat que utilitzen.

**Metodologia:** Revisió bibliogràfica a partir d'articles, estudis i informació obtinguda en bases de dades científiques com Medline o PubMed.

**Resultats:** Segons les fonts consultades els subjectes que són implantats amb una lent intraocular bifocal obtenen bons resultats d'agudeses visual tant en visió llunyana com en visió propera, tot i que la visió intermèdia es veu una mica reduïda a causa de la superposició de dos o més punts focals. Pel que fa al contrast, es van obtenir sensibilitats al contrast més reduïdes en les altes freqüències que en les baixes. Les corbes de desenfocament segueixen totes el mateix patró, dos punts de bona agudeses visual un en visió llunyana i l'altre en visió propera.

**Conclusió:** Els articles analitzats demostren que les lents intraoculars bifocals proporcionen una bona agudeses visual en visió llunyana i en visió propera sense la necessitat d'utilitzar una compensació òptica. Una implantació de tipus Mix-Match pot ser una bona solució per a obtenir un major recorregut de visió nítida.

**Paraules Clau:** "lents intraoculars", "bifocals", "qualitat visual"



## GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

# LENTES INTRAOCULARES BIFOCALES

### RESUMEN

**Contexto:** Las lentes intraoculares son utilizadas para poder compensar poderes dióptricos ya sean refractivos, en el caso de las ICL, o el poder dióptrico del cristalino cuando este se extrae mediante una intervención, como sería el caso de las cataratas. Existen diferentes tipos de lentes intraoculares que se pueden clasificar según los focos que tienen o el diseño o esfericidad que utilizan.

**Metodología:** Revisión bibliográfica a partir de artículos, estudios e información obtenida en bases de datos científicos como Medline o PubMed.

**Resultados:** Según las fuentes consultadas las personas que son implantadas con una lente intraocular bifocal obtienen buenos resultados de agudeza visual en visión lejana y en visión próxima, aunque la visión intermedia se ve un poco reducida debido a la superposición de los dos puntos focales. En cuanto al contraste, se obtienen sensibilidades al contraste más reducidas en frecuencias altas que en bajas. Las curvas de desenfoque siguen todas el mismo patrón, dos puntos de buena agudeza visual uno en visión lejana y otro en visión próxima.

**Conclusión:** Los artículos analizados demuestran que las lentes intraoculares bifocales proporcionan una buena agudeza visual en visión lejana y en visión próxima sin la necesidad de utilizar una compensación óptica. Una implantación de tipo Mix-Match puede ser una buena solución para obtener un mayor recorrido de visión nítida.

**Palabras Clave:** “lentes intraoculares”, “bifocales”, “calidad visual”



## GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

# LENTES INTRAOCULARES BIFOCALES

### ABSTRACT

**Background:** Intraocular lenses are used after the lens is removed, as would be the case with a cataract operation, in order to replace the dioptric power of the lens. There are different types of intraocular lenses that can be classified according to the focus they have or design they use.

**Methods:** Bibliographic review based on studies, articles and other information obtained from databases such as Medline or PubMed.

**Results:** According to the sources consulted, people who are implanted with a bifocal intraocular lens obtain good visual acuity results in distant vision and near vision, although the intermediate vision is slightly reduced due to the superposition of the two focal points. As for the contrast, contrast sensitivities obtained are lower at higher frequencies than at low frequencies. All blur curves follow the same pattern, two points of good visual acuity, one in far vision and one in near vision.

**Conclusion:** The articles that had been read show that bifocal intraocular lenses provide good visual acuity in distant vision and near vision without the need to use an optical compensation. A Mix-Match type implantation can be a good solution to get a better visual acuity in almost all distances.

**Keywords:** “intraocular lens”, “bifocal”, “visual quality”

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres, por su apoyo y confianza en mí. También por su interés en ayudarme siempre que podían.

A mi mejor amiga, Irene Álvarez Brunete, por su apoyo incondicional y su predisposición a ayudarme siempre que tenía alguna duda.

A mi tutora Maria Consuelo Varón, por guiarme, aconsejarme y ayudarme a lo largo de todo el proceso de la creación de este trabajo.

## **ABREVIATURAS**

LIO → Lente Intraocular

VP → Visión Próxima o Visión Cercana

VL → Visión Lejana

AV → Agudeza Visual

AVSC → Agudeza Visual Sin Corrección

AVCC → Agudeza Visual Con Corrección

AVSC<sub>VL</sub> → Agudeza Visual Sin Corrección en Visión Lejana

AVCC<sub>VL</sub> → Agudeza Visual Con Corrección en Visión Lejana

AVSC<sub>VI</sub> → Agudeza Visual Sin Corrección en Visión Intermedia

AVCC<sub>VI</sub> → Agudeza Visual Con Corrección en Visión Intermedia

AVSC<sub>VP</sub> → Agudeza Visual Sin Corrección en Visión Próxima

AVCC<sub>VP</sub> → Agudeza Visual Con Corrección en Visión Próxima

ETDRS → Early Treatment of Diabetic Retinopathy Study

SC → Sensibilidad al contraste

## INDICE

<b>RESUM.....</b>	<b>ii</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>iv</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>v</b>
<b>ABREVIATURAS.....</b>	<b>vi</b>
<b>INDICE .....</b>	<b>vii</b>
<b>1. Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Tipos de Lentes Intraoculares.....</b>	<b>4</b>
2.1 Tipos de lentes intraoculares según el número de focos.....	4
2.1.1 Lentes Intraoculares Monofocales .....	4
2.1.2 Lentes Intraoculares Multifocales .....	4
2.1.3 Lentes de Foco Extendido.....	5
2.2 Tipos de lentes intraoculares según el diseño .....	5
2.2.1 Lentes Intraoculares Refractivas .....	5
2.2.2 Lentes Intraoculares Difractivas .....	6
<b>3. Lentes bifocales .....</b>	<b>8</b>
3.1 Lentes Bifocales Refractivas .....	9
3.2 Lentes Bifocales Difractivas .....	11
3.3 Lentes Bifocales Híbridas .....	12
<b>4. Examen de la calidad visual en lentes intraoculares .....</b>	<b>14</b>
4.1 Agudeza Visual.....	14
4.1.1 Agudeza Visual en Visión Lejana .....	14
4.1.2 Agudeza Visual en Visión Próxima.....	15



4.2 Sensibilidad al contraste.....	15
4.3 Curva de desenfoque.....	17
<b>5. Estudios de la calidad visual con lentes intraoculares bifocales .....</b>	<b>18</b>
<b>6. Conclusiones .....</b>	<b>35</b>
<b>7. Bibliografía .....</b>	<b>36</b>
<b>ANEXO 1 .....</b>	<b>i</b>

## 1. Introducción

La acomodación es una propiedad del ojo, concretamente del cristalino, que nos permite enfocar a diferentes distancias para poder ver con nitidez. La explicación del mecanismo de la acomodación más aceptada es la teoría de Helmholtz, que estipula que la lente del cristalino aumenta su grosor aumentando el diámetro y su curvatura tanto de la superficie anterior como la posterior, como respuesta a una contracción del músculo ciliar, provocando así un aumento de la potencia y causando así la acomodación.<sup>1</sup>

Con la edad esta capacidad disminuye y aparece la presbicia, fenómeno que afecta a más de un billón de personas en todo el mundo.<sup>1</sup> Esta pérdida de capacidad acomodativa causa la creación de imágenes borrosas en la retina cuando el objeto que se está mirando está a una distancia cercana. Para solventar este inconveniente la solución más común y utilizada son las gafas para visión próxima que nos permiten compensar esta pérdida de acomodación que se ha producido debido al esclerosamiento en el cristalino.<sup>1-3</sup>

Otro motivo que puede causar esta pérdida de la capacidad acomodativa es cualquier cirugía que implique el remplazo del cristalino, principal poder dióptrico ocular que produce la acomodación, por una lente intraocular.<sup>3-7</sup>

El cristalino es una lente transparente, biconvexa y que proporciona el 30% del poder dióptrico del ojo. La catarata es una enfermedad relacionada con la edad que produce una opacidad en el cristalino que ocasiona dificultades a los pacientes para poder hacer sus tareas diarias. En 2010, se estimaba que 95 millones de personas en todo el mundo tenían cataratas.<sup>1,8</sup>

Las lentes intraoculares fueron desarrolladas para poder reemplazar el poder dióptrico del cristalino. En algunos casos también son utilizadas para corregir el error refractivo del paciente sin extracción del cristalino, como el caso de las lentes ICL. En la actualidad también existe la posibilidad de eliminar el error refractivo mediante láser, pero las limitaciones como errores refractivos altos o poco espesor corneal, han incrementado el uso de las LIO.<sup>9</sup>

Las técnicas actuales de cirugía de cataratas proporcionan una buena AV. La fa-coemulsificación permite la extracción del cristalino con una pequeña incisión minimizando así una inducción de astigmatismo indeseado. Las mejoras en las intervenciones juntamente con las mejoras tecnológicas realizadas en los diseños de las LIO han hecho posible que los resultados obtenidos sean satisfactorios.<sup>9,10</sup>

Las lentes intraoculares tradicionales son las LIO monofocales. Estas lentes tienen una única distancia focal gracias a lo cual son capaces de proporcionar una buena agudeza visual corrigiendo ametropías para visión lejana. El problema de los pacientes pseudofaquicos con implante de LIO monofocales es la necesidad de usar una ayuda óptica, en general gafas para visión próxima, para compensar la pérdida de acomodación producida por la extracción del cristalino la cual ocasiona problemas en visión intermedia y cercana.<sup>4,6,8,10</sup>

Las lentes intraoculares con más de un foco fueron implantadas en los años 80 y proporcionaban una visión cercana y lejana satisfactoria. El incremento de profundidad de foco permite reducir la necesidad de utilizar gafas al paciente después de la operación de cataratas. El primer tipo de lentes multifocales se trataba de lentes de diseño refractivo formadas por zonas concéntricas. Posteriormente se fueron desarrollando los diseños difractivos.<sup>1,3-7,11-15</sup>

A la hora de escoger el tipo de LIO que se va a implantar se deben tener en cuenta las ventajas e inconvenientes de cada tipo. Las LIO monofocales van a proporcionar una buena calidad visual de lejos, pero va a ser necesario el uso de gafas progresivas o gafas de cerca para compensar la falta de acomodación. Cuando nos encontramos delante de una LIO multifocal vamos a poder resolver el problema de la falta de acomodación sin necesitar una compensación óptica, pero debemos tener en cuenta que la calidad visual resultante también se va a ver un poco afectada como se explica en el siguiente apartado con más detalle.<sup>16</sup>

Los diseños de las lentes intraoculares están mejorando de modo que ahora aparte de la corrección de la potencia y el astigmatismo también compensan las aberraciones esféricas de la córnea. Se espera que en un futuro las LIO puedan ser personalizadas para cada usuario.<sup>17</sup>

Para conseguir una funcionalidad lo más parecida posible a la biológica del cristalino se deben utilizar las lentes intraoculares acomodativas, que son capaces de cambiar su espesor como lo hace el cristalino para enfocar a diferentes distancias. Estas lentes responden a un esfuerzo acomodativo con un cambio de su poder dióptrico. Hay varios principios sobre los cuales se trabaja con este tipo de lentes como, por ejemplo, las LIO con cambio óptico de posición, lentes que contienen líquido que proporciona el cambio o las técnicas quirúrgicas que permiten llenar la bolsa capsular con un material sintético.<sup>1,18</sup>

## **2. Tipos de Lentes Intraoculares**

### **2.1 Tipos de lentes intraoculares según el número de focos**

#### **2.1.1 Lentes Intraoculares Monofocales**

Las lentes intraoculares monofocales son lentes con una única distancia focal gracias a lo cual son capaces de proporcionar una buena agudeza visual corrigiendo ametropías para una distancia determinada.

El problema de los pacientes pseudofáquicos con implantación de LIO monofocales es la necesidad de usar una compensación óptica, en general gafas para visión próxima, para compensar la pérdida de acomodación producida por la extracción del cristalino la cual ocasiona problemas en visión intermedia y cercana.<sup>4,6</sup>

#### **2.1.2 Lentes Intraoculares Multifocales**

Las lentes intraoculares multifocales están compuestas por dos o más focos principales. Depende de la cantidad de focos se pueden diferenciar en lentes intraoculares bifocales o trifocales.

El diseño más común, actualmente, de este tipo de lentes intraoculares es el diseño que combina una parte difractiva con una refractiva para distribuir la luz incidente en los diferentes focos principales.<sup>11</sup>

Las lentes intraoculares bifocales están compuestas por dos focos principales, uno destinado a la visión lejana y el otro a la visión próxima, estas lentes se explican más detalladamente en el siguiente apartado.

Para superar la limitación que ocasionaban las lentes bifocales en la distancia intermedias se crearon las conocidas como las lentes intraoculares trifocales, se trata de una lente con tres focos para así intentar mejorar la agudeza visual en esa distancia. La creación de este tercer punto focal produce que la luz se distribuya en tres puntos focales en lugar de dos, como en el caso de las bifocales, y esto puede producir algunas afectaciones en la visión próxima y lejana.<sup>6,8,14,19,20</sup>

### 2.1.3 Lentes de Foco Extendido

El concepto de las lentes intraoculares de foco extendido puede ser explicado por la división de la luz en focos alargados de forma que se podría reducir la sobreposición de los dos focos como pasaba en las lentes multifocales tradicionales produciendo así menos halos.<sup>18</sup>

Un ejemplo de lente de foco extendido es la *Tecnis Symphony ZXR00 lens (Johnson & Johnson Vision)*, se trata de una lente hidrofóbica con un diseño que utiliza el foco extendido. Tiene una superficie posterior difractiva y la anterior asférica que añade -0.27  $\mu\text{m}$  de aberración esférica para compensar la aberración esférica de la córnea.<sup>4</sup>

Un modelo más actual de lente de foco extendido es la *Mini Well EDOLF LIO*, esta lente posee en la zona central de 3mm con dos perfiles de aberraciones esféricas. Esta zona central está dividida en una parte central de 1.95mm con una aberración esférica positiva y una parte peri central de 1.05 con una aberración esférica negativa. La combinación de ambas zonas permite la formación del foco extendido y produce una transición suave.<sup>21</sup>

## 2.2 Tipos de lentes intraoculares según el diseño

### 2.2.1 Lentes Intraoculares Refractivas

Las lentes intraoculares refractivas están basadas en el fenómeno de la refracción, es decir, el cambio de dirección de una onda al pasar de un medio con un índice de refracción determinado a otro medio que posee un índice diferente.<sup>3</sup>

Estas lentes utilizan el método refractivo multizonal, es decir, se utilizan diferentes anillos concéntricos que se distribuyen en las diferentes zonas refractivas circulares las cuales poseen diferentes índices de refracción. Funcionan dividiendo la luz en diferentes focos los cuales son conocidos por generar el efecto de fotofobia.<sup>3,16</sup>

Las principales ventajas que se obtienen de la utilización de las lentes refractivas son:

- La visión obtenida con estas lentes es una visión multifocal.

- Se emplea la técnica refractiva sobre la que se tiene más experiencia.
- Proporcionan una buena agudeza visual en visión lejana.
- Presentan una menor dispersión de la luz que las lentes difractivas.<sup>3</sup>

Los principales inconvenientes que hay en la utilización de las lentes refractivas son:

- Van relacionadas con el tamaño pupilar, esto genera restricciones en la adaptación. Es una contraindicación la adaptación de estas lentes en pacientes con pupilas fotópicas menores de 3mm, debido a que estas lentes van directamente relacionadas con el tamaño pupilar. Una pupila pequeña solo permitirá el paso de la luz en las zonas que corresponderán a la potencia dióptrica necesaria para la visión próxima.<sup>18</sup>
- Son muy dependientes del centrado, un mal centraje de la lente durante la implantación puede resultar en un mal resultado visual del paciente.
- La visión cercana obtenida con estas LIO es de peor calidad que la obtenida con otro tipo de LIO multifocales.<sup>3</sup>

Los principales casos en los que está indicado y es recomendable la implantación de este tipo de LIO son los pacientes présbitas hipermétropes, por la gran agudeza visual en VL que se va a obtener aparte de pacientes que desean obtener una buena AV en VL.

3,18

### **2.2.2 Lentes Intraoculares Difractivas**

Estas lentes están basadas en el fenómeno de la difracción. Este fenómeno consiste en la dispersión que experimenta la luz al atravesar un pequeño orificio de un cuerpo opaco o el reborde definido de un cuerpo transparente.

Las lentes difractivas utilizan tanto el principio óptico de la difracción como el de la refracción para así distribuir la luz incidente en dos puntos focales, en el caso de las

bifocales, o tres puntos focales, en el caso de las trifocales, independientes de la apertura para lejos, cerca y visión intermedia en las trifocales. Están basadas en el principio de Huygens-Fresnel.<sup>3</sup>

Las principales ventajas que tiene el uso de este tipo de lente intraocular son:

- Proporcionan una visión cercana de muy buena calidad.
- Este tipo de LIO proporciona una visión cercana que en general es independiente del tamaño pupilar.
- Existe una menor dependencia del centraje de la lente.
- También proporcionan una recuperación lumínica que es mejor en condiciones mesópicas.<sup>3,18</sup>

Los inconvenientes producidos por las LIO difractivas son:

- Proporcionan una calidad visual en VL inferior a las lentes monofocales.
- Proporcionan una calidad visual en la distancia intermedia que es peor que la proporcionada por las lentes refractivas.
- Producen una disminución de la sensibilidad al contraste en condiciones escotópicas, en frecuencias altas.
- Producen una mayor sensación de halos y deslumbramiento que las LIO monofocales o las multifocales refractivas.<sup>3</sup>

Este tipo de lentes están recomendadas para pacientes miopes presbitas que desean tener una buena agudeza visual en visión próxima.<sup>18</sup> También suelen estar recomendadas para conductores profesionales nocturnos e hipermétropes o miopes altos.<sup>3</sup>



### 3. Lentes bifocales

Las lentes bifocales están basadas en el principio de la multifocalidad, que es la habilidad del cerebro de adaptarse eligiendo entre dos posibles imágenes que están producidas por los diferentes elementos ópticos de la LIO.<sup>3</sup>

La mayoría de lentes intraoculares bifocales son lentes difractivas-refractivas, en estas lentes la luz es difractada y refractada produciendo dos puntos focales simultáneos.<sup>10,11</sup> Esto produce que estas lentes tengan un bajo rendimiento ocular<sup>9,16</sup>, al superponerse dos imágenes retinianas, una borrosa y la otra nítida.<sup>3-5,7,9,15,22</sup> El sistema visual será el encargado de seleccionar de entre las dos imágenes la más nítida.<sup>3</sup> La luminosidad de la imagen borrosa, es la responsable de la reducción de la sensibilidad al contraste.<sup>4-7,9,10</sup> Esta sensibilidad al contraste reducida se ve más afectada en las frecuencias espaciales altas.<sup>23</sup>

Otros efectos producidos por la simultaneidad de los puntos focales son deslumbramientos o halos<sup>3-7,9,10,13,15</sup>, sobre todo durante la noche<sup>9</sup>, y puede producir en algunos casos una agudeza visual sin corrección insatisfactoria.<sup>4,6</sup> La visión intermedia también se ve reducida por la adición de un punto focal para visión próxima.<sup>10,12,24</sup> Esta reducción de la agudeza visual es menos notable si se implanta una lente intraocular con una adición menor.<sup>14</sup>

El astigmatismo residual también es un factor para tener en cuenta en la adaptación de este tipo de lentes ya que puede producir un efecto negativo en la calidad visual resultante. Para reducir este efecto se suele usar incisiones en el eje más curvo de la córnea o implantar lentes intraoculares tóricas. La mejor opción por los resultados que se obtienen es la de usar una LIO multifocal tórica.<sup>11</sup>

Hay algunos casos de implantación de lentes bifocales en los que se realiza la técnica conocida como Mix-Match que consiste en una implantación mezclada entre ambos ojos en general con dos lentes de las mismas características, pero con adiciones diferentes.<sup>25</sup>

El caso más común de este tipo de adaptación es la implantación de una LIO de adición +2.50 en el ojo dominante, y una lente de adición +3.00 en el ojo no dominante. Esta técnica ofrece un mayor recorrido de buena visión debido a que la lente de +2.50 proporciona una buena agudeza visual de lejos y a unos 50 cm, mientras que la lente de +3.00 proporcionará una buena agudeza visual de lejos y a unos 40 cm. Esto proporciona una buena agudeza visual tanto de lejos como de cerca e incluso en una distancia intermedia como se puede observar en la Figura 1. Otro punto positivo de este tipo de implantación es que las lentes de +2.50 proporcionan menos aberraciones y en consecuencia menos efecto de halos que las de +3.00.<sup>4,11,16,20,25</sup>

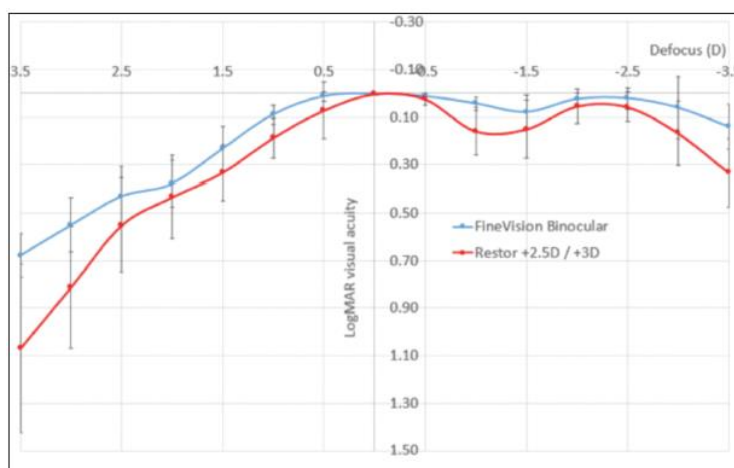


Figura 1. Ejemplo de Curva de desenfoque comparando los resultados obtenidos entre la implantación de lentes trifocales y la técnica Mix-Match de lentes bifocales +2.50/+3.00.

### 3.1 Lentes Bifocales Refractivas

Las lentes bifocales refractivas se basan en el fenómeno de la refracción explicado anteriormente. Este tipo de lentes están compuestas por áreas de la lente destinadas a la visión próxima y áreas de la lente destinadas a visión lejana. Al tener estas áreas específicas para cada distancia este tipo de lentes suelen ser lentes que son pupilo dependientes y en las cuales es muy importante una buena alineación y centrado durante la intervención quirúrgica.<sup>11</sup>

En el caso de las lentes refractivas multifocales, estas poseen unas zonas refractivas anulares en la parte posterior. En cada zona va destinado un poder dioptrio para una distancia determinada. El poder dióptrico para la visión lejana está posicionado en

la parte central mientras que el poder dióptrico para la visión cercana va incrementando hacia la periferia.<sup>13</sup>

Según el tipo de lente o el proveedor que se estudie, la disposición de anillos concéntricos variará. Las disposiciones más comunes en las lentes bifocales son:

- La disposición en dos zonas. Este diseño está formado por dos zonas refractivas: una zona céntrica, de unos 2mm aproximadamente que contiene el foco para la visión próxima, y la parte de la periferia que contiene el foco para la visión lejana. Un ejemplo de esta disposición sería la lente *Nue Vue (IOLAB)*.<sup>3,26</sup>
- La disposición en tres zonas. Este diseño está formado por tres anillos refractivos concéntricos distribuidos de la siguiente forma. La zona central y la zona periférica en este caso corresponden a la zona de visión lejana, mientras que la zona media corresponde a la visión próxima. Un ejemplo de esta distribución de anillos concéntricos sería la lente *True Vista (Storz)*.
- La disposición en cinco zonas. Este diseño está formado por cinco zonas refractivas. Tiene un patrón de distribución que alterna los anillos entre VL y VP, de forma que quedan tres anillos para VL y dos anillos para VP. La zona de transición entre los diferentes anillos utiliza un diseño esférico de modo que proporciona visión intermedia en todas las zonas. Es muy importante el centrado y la alineación axial para obtener un buen resultado. El patrón de distribución de este tipo de lente es el siguiente:
  - Primer anillo, destinado a la visión lejana, pensado para ocasiones de alta iluminación en la que la pupila está en miosis.
  - Segundo anillo, destinado para la visión próxima con una iluminación moderada.
  - Tercer anillo que corresponde a la visión lejana en condiciones de moderada o baja iluminación.
  - Cuarto anillo el cual corresponde a la visión próxima en condiciones de baja iluminación, es decir, con la pupila en midriasis.

- Quinto anillo, diseñado para condiciones de poca iluminación, en casos en los que la pupila está completamente dilatada. Corresponde a la visión lejana y suele estar destinada a situaciones como la conducción nocturna.

Un ejemplo de esta distribución de cinco zonas concéntricas sería la lente *ReZoom*, (AMO).<sup>3</sup>

Un ejemplo de lentes refractivas usadas recientemente son las Lentis MPlus LS-313 MF30 y la Lentis LS-313 MF20, estas lentes poseen un diseño asimétrico rotacional con una zona cercana integrada sectorialmente que es la encargada de dividir la luz en los dos planos focales que posee la lente. Las lentes poseen una adición de +3.00D, la Lentis LS-313 MF30 y de +2.00D, la Lentis LS-313 MF20.

### 3.2 Lentes Bifocales Difractivas

Las lentes bifocales difractivas están basadas en el principio de la difracción y poseen un sistema que distribuye la luz incidente a los dos puntos focales principales de la lente, uno para VL y el otro para VP. Los dos puntos focales funcionan simultáneamente por eso estas lentes suelen tener una sensibilidad al contraste más reducida.<sup>11</sup>

Las lentes bifocales difractivas se basan en la creación de anillos concéntricos que forman dos puntos focales principales para conseguir una buena AV en VP y VL.<sup>27</sup>

El efecto multifocal se consigue por la formación simultánea de un foco de lejos, producido por el efecto refractivo, y un foco para la visión próxima, que se forma gracias a la superficie posterior con múltiples zonas de discontinuidades escalonadas de forma que la luz es difractada hacia los dos focos. Cada zona tiene los mismos dos focos y por lo tanto la función bifocal es independiente del tamaño de la pupila y el centraje de la lente. Esta dispersión de la luz que ocurre en todas las LIO difractivas produce una reducción de la sensibilidad al contraste y algunas molestias, como halos y deslumbramientos, en algunos de los sujetos.<sup>3,11,13,26</sup>

Algunas de las lentes más implantadas actualmente que utilizan el diseño difractivo son los que se explican a continuación.

La lente *Tecnis ZM900* es una lente difractiva bifocal, cuya cara posterior está formada por 32 anillos que conforman una superficie difractiva multifocal. El diseño de la lente permite que el 41% de la luz incidente este en fase en el foco de cerca y que otro 41% este en fase en el de lejos, de forma que solo un 18% se pierde. Posee una adición de +4.00D que permite una buena agudeza visual en cerca. El uso de adiciones altas produce que los dos focos estén separados de modo que no sean confundibles.<sup>3,26</sup>

La lente *Tecnis ZKB00* es una lente difractiva con una cara anterior esférica y una posterior con un patrón difractivo. Está compuesta por 15 anillos con saltos del mismo tamaño para así obtener una distribución de la luz del 50/50 entre el foco lejano y el de visión próxima sin depender del tamaño pupilar.<sup>15</sup>

La lente *AT LISA 809M* es una lente difractiva compuesta por 29 anillos difractivos que pretende conseguir un patrón asimétrico de luz 65/35 con independencia del tamaño pupilar.<sup>15,19,28</sup>

### 3.3 Lentes Bifocales Híbridas

El diseño de las lentes híbridas, difractivas-refractivas, consiste en una base refractiva en donde se encuentra el poder dióptrico principal de la lente para VL y una parte difractiva que nos va a proporcionar la adición de la lente. Esta segunda parte difractiva puede encontrarse tanto en la cara anterior como en la cara posterior de la lente.<sup>29</sup>

La lente *Acrysof ReSTOR SN6AD1* está formada por una zona central difractiva y una zona periférica refractiva. La zona difractiva corresponde con la zona óptica de la LIO en la cara anterior, que está constituida por 9 anillos concéntricos que van reduciendo gradualmente su altura produciendo así la bifocalidad de cerca a lejos. La parte refractiva de la lente, que está situada alrededor de la difractiva, dirige la luz al punto focal de lejos en pupilas de diámetro mayor.<sup>14,30</sup>

La lente *Acrysof ReSTOR SV25T0* es una lente bifocal que tiene una parte difractiva central y dos partes refractivas, una también central de 1mm y una periférica. La zona difractiva central consiste en 7 anillos concéntricos apodizados, que van reduciendo gradualmente su altura de forma que se produzca la bifocalidad de cerca a lejos. La zona central y externa, que son refractivas están destinadas a la visión lejana.<sup>14,15,25</sup>

Las lentes *Acrysof ReSTOR SA60D3* y *Acrysof ReSTOR Natural SN60D3* funcionan como lentes refractiva-difractiva o también llamadas híbridas. Poseen una parte difractiva central en la superficie esférica anterior que se encuentra rodeado por un anillo meramente refractivo. Son LIOs apodizadas que quiere decir que los escalones de los anillos son más altos en el centro que en la periferia de forma que se produce la bifocalidad de cerca a lejos. La diferencia entre ambas lentes reside en que la lente *Acrysof ReSTOR Natural SN60D3* posee un filtro amarillo para proteger la retina de la luz azul.<sup>14,19,25,29</sup>

## 4. Examen de la calidad visual en lentes intraoculares

### 4.1 Agudeza Visual

La metodología científica suele utilizar la escala Log MAR para determinar la AV<sup>7,16,31</sup>. Se suele realizar la prueba sin corrección adicional (AVSC) y con corrección (AVCC)<sup>11,16</sup>. En algunos estudios también se mide la AV en escala decimal aunque es más frecuente el uso de la escala Log MAR.<sup>9</sup> Se toman valores de AV tanto monocular como binocularmente.<sup>11</sup>

Es importante también el cálculo del valor del índice eficaz, que es la AVSC después de la intervención dividida entre la AVCC antes de la intervención. Este valor va a compararnos la visión del paciente antes de la intervención aun usando gafas con la obtenida posteriormente sin el uso de ninguna ayuda visual.<sup>9</sup>

#### 4.1.1 Agudeza Visual en Visión Lejana

Las pruebas más utilizadas para obtener la medición de la agudeza visual en visión lejana en pacientes operados de cataratas en los diferentes estudios analizados son las que se describen a continuación.

- La E de Tumbling,<sup>7,9</sup> ya sea utilizando un sistema de proyector de Snellen<sup>7</sup> o con las plantillas. Se utiliza la letra E en 8 orientaciones de forma aleatoria cambiando el tamaño, de modo que el paciente tiene que identificar la orientación de la E.<sup>32</sup>
- La C de Landolt, es un optotipo en forma de círculo con una abertura en una de las ocho direcciones. La agudeza visual es medida a partir de la percepción de la apertura del círculo, teniendo en cuenta las respuestas conseguidas por probabilidad.<sup>5,10</sup> Un test que utiliza este sistema es el *Freiburg Visión Test*, esta prueba se realizaba a diferentes distancias, 50cm, 100cm, 200cm, 300cm y 500cm.<sup>10</sup>
- Otra prueba muy utilizada para las mediciones de la AV en pacientes después de la operación de cataratas es el Early Treatment Of Diabetic Retinopathy Study Charts.<sup>4,6,19,27,33</sup>

#### 4.1.2 Agudeza Visual en Visión Próxima

Para medir la Agudeza Visual en visión cercana cuando se han implantado LIO bifocales se tiene que realizar la prueba en la distancia de lectura que dependerá de la adición de la LIO, esta suele estar comprendida en el rango de 50 y 25cm.<sup>13</sup>

Se suelen realizar exámenes de agudeza visual en VP monoculares y binoculares. Y los valores suelen darse en Log MAR. Para visión cercana algunos de las pruebas utilizados son las que se mencionan a continuación:

- 2000 Early Treatment of Diabetic Retinopathy Study Chart <sup>4,6,7</sup>
- Modified ETDRS for European-wide use for near and intermediate distance recordings, utilizado para medir la agudeza visual a 30cm <sup>27</sup>
- Logarithmic Visual Acuity Charts-ETDRS 2000, calibrados para mediciones a 40 centímetros. <sup>27,33</sup>

En algunos casos se mide la velocidad de lectura además de la agudeza visual en visión cercana. Una prueba que sirve para medir ambas aptitudes son las cartas RR. Estas cartas consisten en 24 frases desarrolladas para ser fácilmente comparables en términos de dificultad gramatical, número de palabras, longitud y colocación de las palabras.<sup>13</sup>

#### 4.2 Sensibilidad al contraste

El contraste es la diferencia de luminancia entre dos puntos. Cuando hablamos de la sensibilidad al contraste hablamos de la capacidad de percibir la mínima diferencia de contraste.<sup>10</sup>

Hay dos métodos principales para medir la sensibilidad al contraste. Un método es medirlo para diferentes frecuencias espaciales, mientras que el otro método consiste en realizar la medición con optotipos.<sup>7,10</sup>

Se mide la sensibilidad al contraste de forma monocular y binocular, tanto en condiciones fotópicas como mesópicas, en frecuencias espaciales comprendidas entre



1.5 y 18 (cdp), usando el test de CSV-1000.<sup>4,6,16</sup> También se realiza la medición en condiciones de deslumbramiento que se producen con una lámpara halógena que forma parte del test y está ya calibrada.<sup>4,31</sup>

A continuación, se explican las pruebas más utilizadas para la medición de la sensibilidad al contraste en visión lejana.

- El *AcuityMax (Science 2020)* es un programa de ordenador para medir la SC. Los pacientes se sientan a 317 cm de la pantalla de gran resolución, llevan puesta su corrección y una adicción de 0.25 para contrarrestar la distancia de la prueba. La prueba se realiza de forma monocular y binocular en condiciones mesópicas. Se mide en 7 frecuencias espaciales que van desde 1.3 log MAR hasta 0.1 log MAR, en pasos de 0.2. Se considera como finalizada la prueba cuando se realizan 3 o más errores en una misma línea.<sup>7</sup>
- Freiburg Visión Test puede medir la sensibilidad al contraste a la vez que la agudeza visual. Se presenta el optotipo de la C de Landolt en 8 direcciones y el paciente tiene que indicar en qué dirección está la apertura. Para la sensibilidad al contraste se realiza la prueba a una distancia de 500cm y se mide a partir del contraste de las letras que va variando, empezando al 50%.<sup>10</sup>
- CSV-1000, Vector Vision: esta prueba suele utilizarse para medir la sensibilidad al contraste en condiciones fotópicas.<sup>4,27</sup>
- Otra prueba utilizada para la medición de la sensibilidad al contraste es el VSCT-6500 chart (Vistech Consultants)<sup>31</sup>

Las pruebas que suelen ser utilizadas para medir la sensibilidad al contraste en visión próxima son:

- Holladay contrast acuity test (Stereo Optical).<sup>7</sup> Se realiza la prueba a unos 40cm y se tiene que mantener la luz constante a unos 340 lux. Las mediciones se hacen a diferentes intensidades de contraste que suelen ser 100%, 50%, 25%, 12.5% y

6.25%. Se considera como finalizada la prueba cuando se realizaban 3 o más errores en una misma línea. El valor de sensibilidad al contraste corresponde a la última línea que se ha leído entera y cada letra que se ha podido leer de la siguiente fila tiene un valor de 0,2.<sup>7</sup>

### 4.3 Curva de desenfoque

Para realizar las mediciones de la curva de desenfoque se inducen diferentes niveles de desenfoque al paciente, en pasos de media dioptría, añadiendo lentes positivas o negativas encima de su corrección adecuada en VL. Se utiliza el test de ETDRS, en condiciones fotópicas definidas en 85 candelas/m<sup>2</sup> y la luminancia del ambiente es inferior a 21.25lux.<sup>4,6</sup>

El desenfoque que se le produce al paciente puede variar según el estudio que se analice, los desenfoques más comunes son:

- Desde -5.00D hasta 0.00D.<sup>4,6</sup>
- Desde -3.50D hasta +3.50D.<sup>16</sup>
- Desde -5.50D hasta +3.50D.<sup>5</sup>
- Desde +1.00D hasta 0.00D y posteriormente desde -4.00D hasta 0.00D.<sup>11,19,27,34</sup>
- Desde -4.00D a +4.00D en pasos de 0.50D.<sup>31</sup>

## 5. Estudios de la calidad visual con lentes intraoculares bifocales

En el estudio de (Alfonso et al. 2010)<sup>9</sup>, se analizó la lente 447D, es una lente de una sola pieza acrílica y difractiva que tiene una distribución de la luz de 70% en VL y 30% en VP. El principio de la difracción usado en esta lente intraocular crea dos puntos focales de modo que cuando la luz pasa por una hendidura cambia la dirección. Proporciona una adición de +4.00D.

Según (Alfonso et al. 2010)<sup>9</sup>, en los ojos miópicos la AVSC<sub>VL</sub> a los 6 meses era  $0.90 \pm 0.12$ , mientras que la AVCC<sub>VL</sub> mejoró de  $0.82 \pm 0.16$  antes de la intervención a  $0.99 \pm 0.03$  a los 6 meses. El índice eficaz a los 6 meses era 1.10.

En el grupo hipermetrópico, a los 6 meses la AVSC<sub>VL</sub> era  $0.88 \pm 0.18$ ; la AVCC<sub>VL</sub> mejoró de  $0.89 \pm 0.11$  antes de la intervención a  $0.96 \pm 0.09$  en seis meses. El índice eficaz en este caso era de 0.98.

Por lo que a la AVSC<sub>VP</sub> refiere en los ojos miópicos, pasó de ser  $0.84 \pm 0.04$  antes de la intervención a ser  $1.00 \pm 0.00$  después de la intervención; y el índice de eficacia a los 6 meses era 1.02.

En cuanto a la AVSC<sub>VP</sub> del grupo de hipermetropes, a los 6 meses era  $0.98 \pm 0.07$  y el índice de eficacia 1.00. Estos valores de las agudezas visuales están representados en un gráfico en el Anexo 1, son las Figuras 25-26.

En el estudio de (Anton et al. 2014)<sup>10</sup>, se analizó la lente AcriLISA 366D, lente difractiva-refractiva escalonada, conocida por su distribución de luz correspondiente a 65% para VL y 35% para VP. Está distribuida en pasos que producen los diferentes frentes de ondas y posee una adición de +3.75D.

Los pacientes implantados con la lente mencionada anteriormente, después de la cirugía, refractivamente hablando, eran emétopes, aunque existía un ligero astigmatismo post operativo el cual podía facilitar un poco la calidad visual en VP.

La agudeza visual corregida ( $-0.05 \pm 0.10$  log MAR) y sin corrección ( $-0.02 \pm 0.05$  log MAR) era buena con la AcriLISA 366D. La Agudeza visual binocular era mejor que la monocular y correspondía a  $0.15 \pm 0.07$  log MAR. En la gráfica que se encuentra en el Anexo

1 Figura 27 se pueden observar los valores de agudeza visual comparados con los valores obtenidos en el grupo de control, en el cual se le implanto la lente monofocal Acri.Smart 46LC.

Se obtuvieron unos valores de sensibilidad al contraste, con la utilización del test Freiburg Vision Test, de  $1.28 \pm 0.14$  log CS. Esta sensibilidad al contraste se mantiene dentro de los valores de normalidad, aunque esté un poco reducida en comparación con la sensibilidad al contraste obtenida en el grupo de control. Esto es debido a la superposición de las dos imágenes, como se observa en la figura 2.

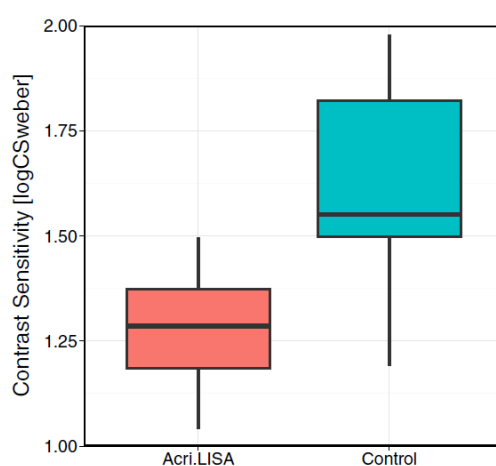


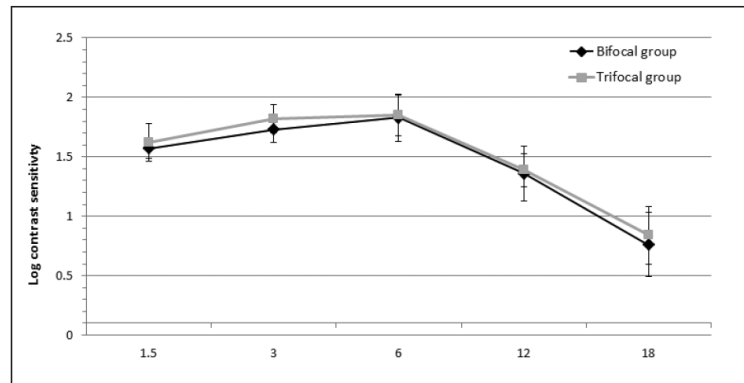
Figura 2 . Sensibilidad al contraste monocular a 500cm en el estudio (Anton et al. 2014)

En el estudio de (Mojzis et al. 2014)<sup>27</sup>, se analizó la lente AT LISA 801, también conocida como AcriLISA 376D, es una lente difractiva bifocal de una sola pieza. Está hecha con material acrílico hidrofóbico con un contenido en agua del 25%. Proporciona una adición de +3.75D.

Esta lente se comparó con la lente trifocal AT LISA tri 839 MP, una lente difractiva con una adición en visión próxima de +3.33D y en visión intermedia de +1.66D.

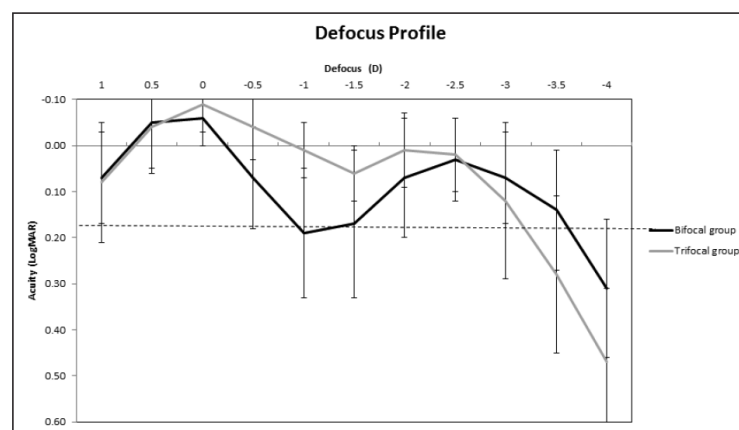
Con la lente bifocal se observó una mejora en la AVSC tanto en visión lejana como en visión próxima, por lo que a la AVCC refiere se obtuvieron mejoras en VL, pero en VP no se vieron cambios significativos. Se pueden observar los valores obtenidos con ambas lentes intraoculares en una tabla en el Anexo 1 Figura 28.

La curva de sensibilidad al contraste, obtenida con el test CSV-1000 y que se puede observar en la Figura 3, muestra que no existen diferencias estadísticamente relevantes entre los valores de Log CS obtenidos con la lente trifocal y la lente bifocal en las frecuencias de 1.5, 6, 12 y 18 cpd. En la frecuencia de 3 cpd sí que se puede observar una sensibilidad al contraste mayor en la lente trifocal con respecto a la lente bifocal.



**Figura 3.** Valores obtenidos de Sensibilidad al contraste en el estudio de (Mojzis et al. 2014)

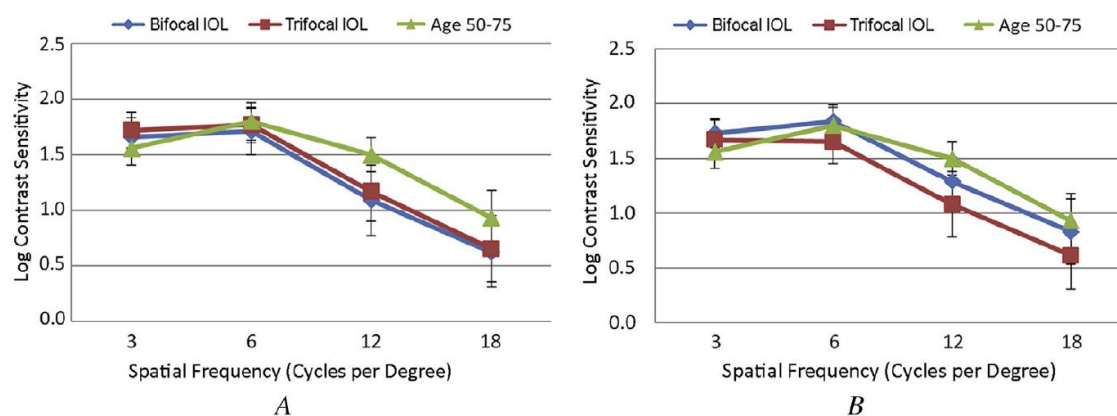
En la figura 4 están representadas las curvas de desenfoque de la LIO bifocal AT LISA 801 y de una trifocal la AT LISA tri 839 MP. Existen diferencias significativas entre ambas curvas de desenfoque. Respecto a las agudezas visuales obtenidas en -0.50D, -1.00 y -1.50, los valores eran mejores con la lente trifocal mientras que cuando nos fijamos en las agudezas visuales obtenidas en -3.50D y -4.00 eran mejores los valores obtenidos con la lente bifocal.



En el estudio de (Jonker et al. 2015)<sup>8</sup>, se analizó la lente Acrysof ReSTOR IQ con adicción de +3.00D. Es una LIO esférica biconvexa de una sola pieza, pupilo dependiente, formada por 9 anillos difractivos concéntricos.

Esta lente se comparó con la lente FineVision Micro F trifocal con una adicción de +3.75 para cerca y +1.75D para la media distancia.

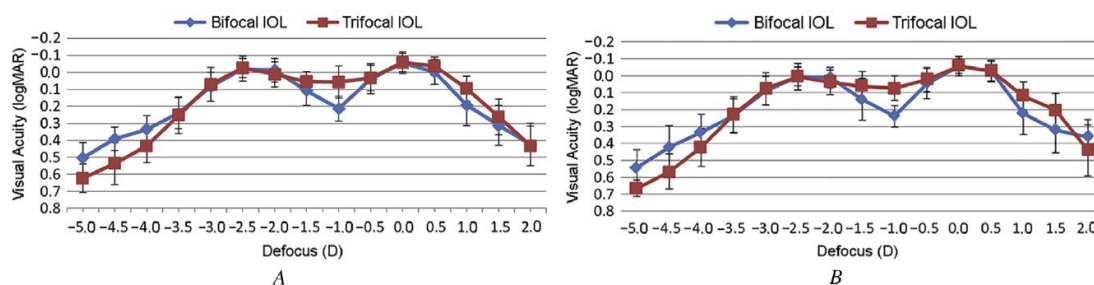
Se midió la curva de sensibilidad al contraste de ambas lentes en condiciones fotópicas y mesópicas con el test CSV-1000. Las curvas de la lente trifocal y bifocal están representadas en la Figura 5. También se representó la curva de sensibilidad al contraste normal en sujetos de entre 50 y 75 años. Las curvas de sensibilidad al contraste entre la lente bifocal y la trifocal son similares en condiciones fotópicas mientras que en condiciones mesópicas la curva obtenida por la lente bifocal dio resultados mejores. Como se puede observar en la gráfica, los valores de ambas curvas, tanto la lente bifocal como la lente trifocal, comparados con los correspondientes por la edad son bastante similares, aunque en frecuencias altas se vieron un poco más reducidos en el caso de los sujetos implantados.



**Figura 5.** Sensibilidad al contraste en el estudio de (Jonker et al. 2015). En la A se muestra en condiciones fotópicas y la B muestra en condiciones mesópicas.

Las curvas de desenfoque de la lente bifocal y trifocal están representadas en la Figura 6, estas curvas fueron medidas en condiciones fotópicas y mesópicas. Si comparamos ambos grupos en condiciones fotópicas podemos observar que los resultados de agudeza visual fueron ligeramente mejores con la lente trifocal en +1.00D y -1.00D; mientras que los resultados de agudeza visual eran mejores con la lente bifocal en -

5.00D, -4.50D y -4.00D. Si analizamos las curvas en condiciones mesópicas podemos observar una mejor agudeza visual en -1.00D, +1.00D y +1.50D por parte de la lente trifocal; en cambio en -5.00D y -4.50D la agudeza visual era mejor con la lente bifocal.

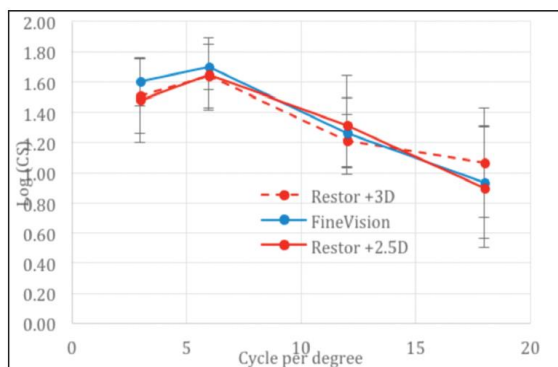


**Figura 6.** Curva de desenfoque en el estudio de (Jonker et al. 2015). En la A se muestra en condiciones fotópicas y la B muestra en condiciones mesópicas.

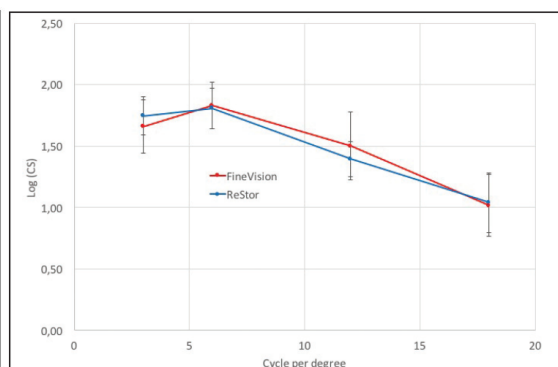
En el estudio (Bilbao-Calabuig et al. 2016)<sup>16</sup>, se realizó una implantación Mix-Match, mezclando dos lentes de igualdad de características con diferente adición, una en cada ojo. Las lentes utilizadas fueron las lentes ReSTOR SN6AD2 y la ReSTOR SN6AD1, son lentes esféricas bifocales de una sola pieza con un diseño difractivo-refractivo compuestas de material hidrofóbico con bloqueador de ultravioleta. Estas lentes poseen una adición de +2.50D (SN6AD2) y +3.00D (SN6AD1).

Esta implantación fue comparada con una implantación bilateral de la lente FineVision trifocal con una adición de +3.00D y +1.75D para cerca y media distancia respectivamente.

Las curvas de sensibilidad al contraste para ambas implantaciones están representadas gráficamente en las figuras 7 y 8. Como se puede observar en la figura 7 no se obtuvieron diferencias significativas entre las curvas obtenidas con las tres lentes de forma monocular. Cuando observamos la gráfica de sensibilidad al contraste binocular (figura 8) podemos observar que la sensibilidad al contraste es ligeramente mejor con la combinación de lentes bifocales en la frecuencia espacial 3 mientras que en la frecuencia espacial 12 era ligeramente mejor el valor obtenido con la lente trifocal.

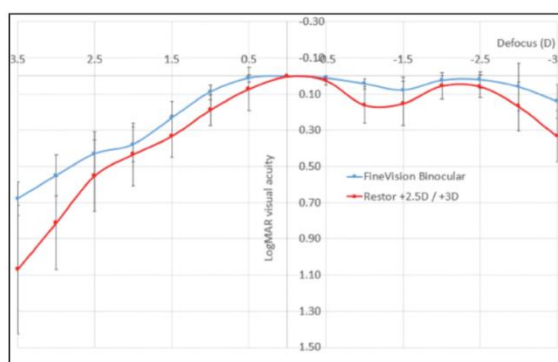


**Figura 7.** Sensibilidad al contraste monocular en el estudio (Bilbao-Calabuig et al. 2016)

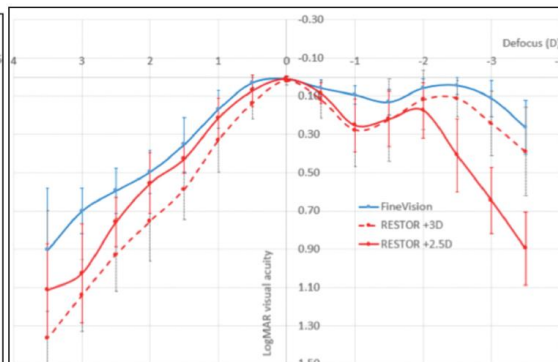


**Figura 8.** Sensibilidad al contraste binocular en el estudio (Bilbao-Calabuig et al. 2016)

Las curvas de desenfoque se muestran tanto binocular como monocularmente en las figuras 9 y 10 respectivamente. Se puede observar que no hay diferencias significativas en la visión lejana en las curvas obtenidas tanto monocularmente como binocularmente. Cuando analizamos la visión intermedia vemos que la lente trifocal obtiene mejores resultados en -1.00D y -1.50D tanto monocularmente como binocularmente, aunque esta diferencia es menos acentuada al comparar los resultados con el Mix-Match de lentes bifocales. En visión próxima sucede algo parecido a lo sucedido en visión intermedia, aunque se ve mucho más acentuada la mejoría de calidad visual en el caso de las lentes bifocales en visión binocular frente a los valores tomados de forma monocular.



**Figura 9.** Curva de desenfoque binocular en el estudio (Bilbao-Calabuig et al. 2016)



**Figura 10.** Curva de desenfoque monocular en el estudio (Bilbao-Calabuig et al. 2016)

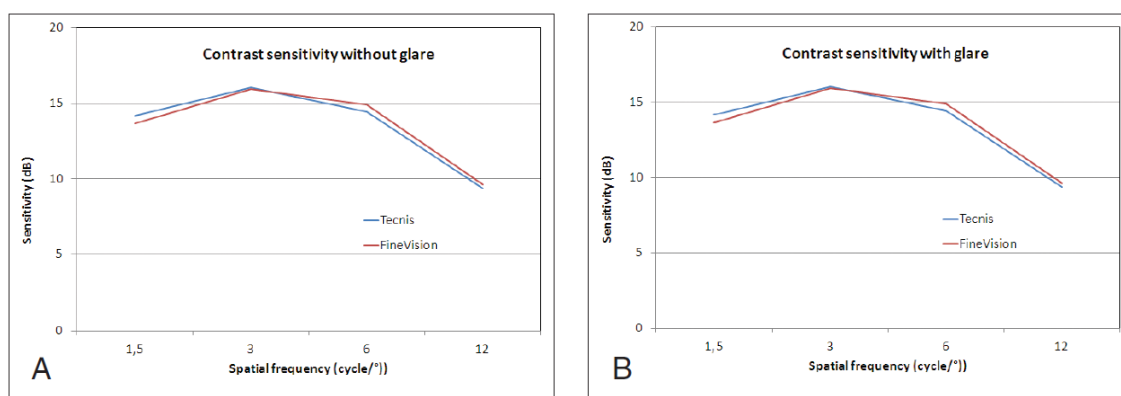


(Cochener 2016)<sup>31</sup>, analizó la lente bifocal Tecnis ZMB00. Se trata de una lente monobloque acrílica e hidrofóbica con una superficie posterior completamente difractiva y una superficie anterior esférica. Posee una adición de +4.00D.

Se compararon los resultados obtenidos con la lente trifocal FineVision Micro F que posee una adición de +3.50D para visión próxima y +1.75D para la distancia intermedia.

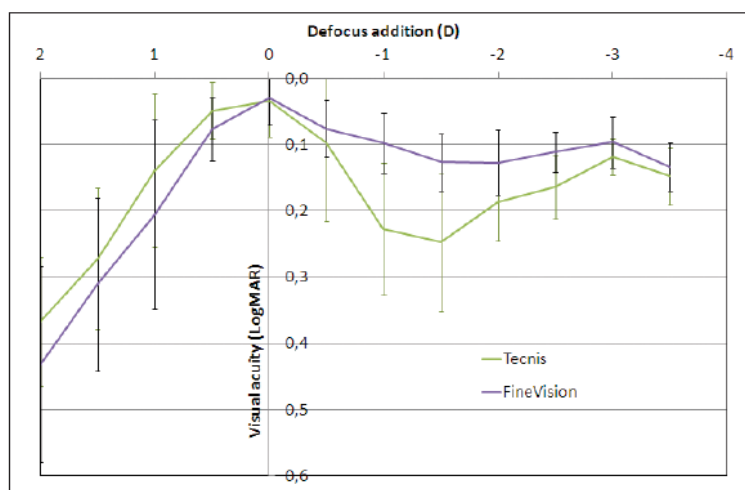
Todos los sujetos implantados con la lente bifocal obtuvieron una AVSC<sub>VL</sub> monocular mejor a 0.3 Log MAR y el índice eficaz obtenido era 1.06. Por lo que a binocularmente refiere, la AVSC<sub>VL</sub> y la AVSC<sub>VP</sub> era como mínimo 0.1 Log MAR. Se pueden observar estos valores representados en una tabla en el Anexo 1 Figura 29.

En la figura 11 están representadas las curvas de sensibilidad al contraste para la lente bifocal y la lente trifocal. No se observaron diferencias estadísticamente significativas en el resultado de la sensibilidad al contraste entre las medidas con o sin deslumbramiento ni tampoco entre ambos tipos de lentes intraoculares.



**Figura 11.** Sensibilidad al contraste sin deslumbramiento en la gráfica A o con deslumbramiento gráfica B del estudio (Cochener 2016).

Las curvas de desenfoque (figura 12), muestran que los valores de la agudeza visual eran mejores con la lente trifocal que con la lente bifocal menos en 0.00D donde los valores son los mismos. Las diferencias entre las curvas de ambas lentes analizadas son estadísticamente significantes en -1.00D, -1.50D, -2.00D y -2.50D.



*Figura 12. Curva de desenfoque del estudio (Cochener 2016).*

(Mojzis et al. 2017)<sup>33</sup>, en este estudio se utilizó la lente bifocal AT.LISA 801 (actualmente conocida como AcriLISA 376D). Se trata de una lente difractiva de material acrílico hidrofílica de tipo monobloque. Posee una adición de +3.75D.

Esta lente se comparó con la lente trifocal AT LISA tri 839MP que posee una adición de +3.33D para cerca y +1.66D para media distancia.

Los resultados obtenidos en cuanto a agudeza visual para la lente bifocal en visión próxima se observaron valores medios de  $AVSC_{VP}$ , de 0,70; mientras que la  $AVCC_{VP}$  rondaba sobre los 0,20. En cuanto a la  $AVSC_{VL}$ , los valores medios obtenidos eran de 0.50 y la  $AVCC_{VL}$ , era de 0.10. Estos valores se hallan representados en una tabla en el Anexo 1 Figura 30.

Cuando miramos los resultados que se obtuvieron de sensibilidad al contraste se pueden observar resultados parecidos a los de otros estudios en los que la sensibilidad al contraste se ve reducida en las altas frecuencias tanto en condiciones mesópicas como fotópicas, aunque esta reducción se ve más acentuada en las primeras condiciones. No se observan diferencias significativas entre la gráfica de sensibilidad al contraste tomada a los 6 meses con la lente bifocal en comparación a la gráfica de la misma lente a los 12 meses como se puede observar en la figura 13. Y, comparando la lente bifocal con la lente trifocal, no se observan diferencias estadísticamente significativas excepto en la gráfica de las medidas tomadas a los 6 meses en condiciones fotópicas que la lente

trifocal tenía mejores resultados en la frecuencia espacial de 3 cpd; mientras que en condiciones mesópicas la lente bifocal obtuvo mejores resultados en las frecuencias espaciales de 6 y 12 cpd.

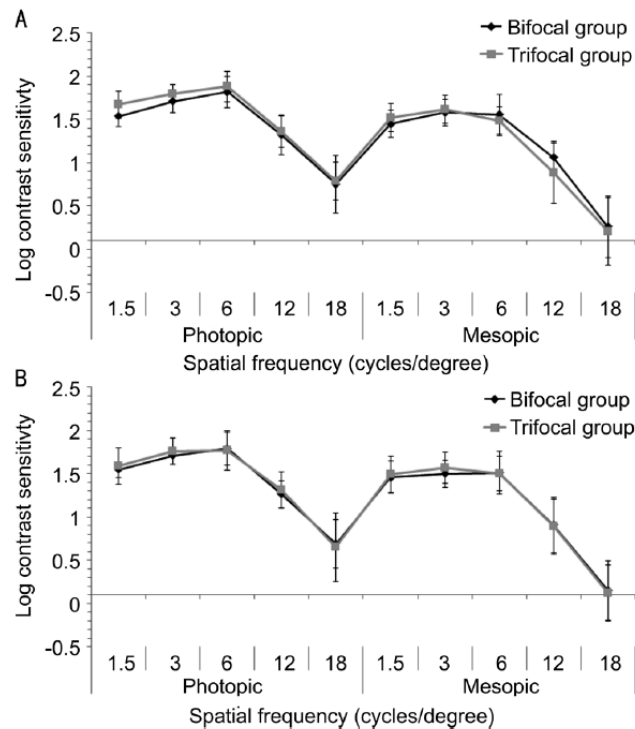


Figura 13. Sensibilidad al contraste en el estudio (Mojzis et al. 2017), en la gráfica A medida a los 6 meses mientras que la gráfica B es medida a los 12 meses.

La curva de desenfoque que se obtuvo para la lente bifocal y la lente trifocal se encuentra representada en la figura 14. Esta gráfica nos muestra una buena agudeza visual en 0.00D correspondiente a la visión lejana con ambas lentes intraoculares. La lente trifocal dio mejores resultados en -1.00D y -1.50D mientras que la lente bifocal obtuvo mejores agudezas visuales que la lente trifocal en -3.00D y -3.50D.

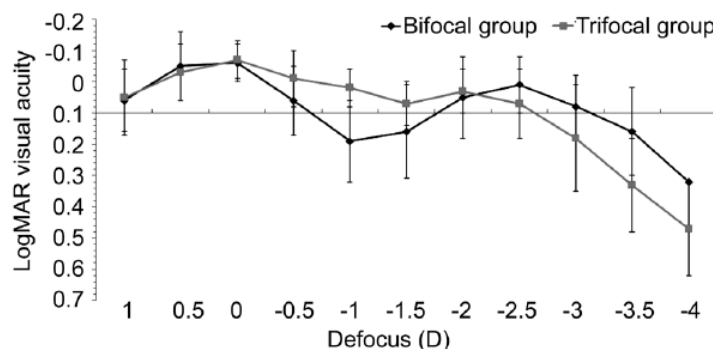


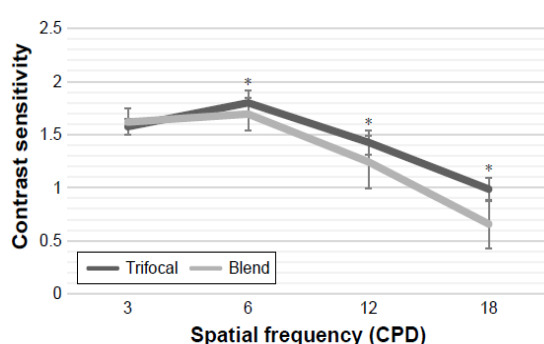
Figura 14. Curva de desenfoque del estudio (Mojzis et al. 2017)

(Vilar et al. 2017)<sup>4</sup> analizó la lente Acrysof ReSTOR IQ (Alcon Laboratories) SV25T0 y la SN6AD1, son LIOs acrílicas hidrofóbicas y pupilo dependientes con una zona central difractiva, para la visión próxima, y una zona periférica refractiva, para la visión lejana. En este estudio se implantó la Acrysof ReSTOR IQ de +2.50D (SV25T0) en el ojo dominante; y la Acrysof ReSTOR IQ de +3.00D (SN6AD1) en el ojo no dominante.

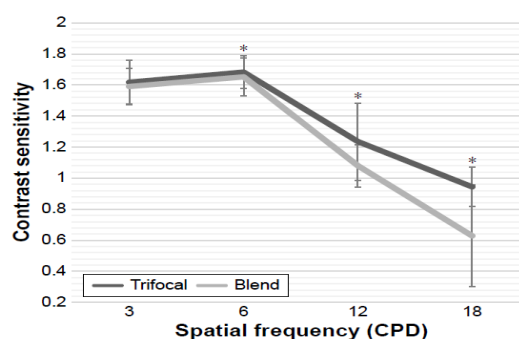
Esta implantación Mix-Match se comparó con la lente trifocal Acrysof IQ PanOptix (TFNT00).

Se obtuvieron valores de  $AVCC_{VL}$  para las lentes bifocales de 0.15 Log MAR. Esto nos demuestra la capacidad de obtener buenos resultados de AV con lentes bifocales y, en este caso, una combinación de lentes de diferente adición.

Cuando hablamos de sensibilidad al contraste podemos observar que esta para ambas lentes; en condiciones fotópicas (figura 15) empeora cuando más alta es la frecuencia espacial y se agrava aún más en casos en los que se le suman deslumbramientos (figura 16). Si ahora comparamos los resultados obtenidos entre ambas lentes podemos observar que la lente bifocal obtuvo mejores resultados en condiciones fotópicas en las frecuencias espaciales de 6, 12 y 18 sin deslumbramientos. Con deslumbramientos no se vieron diferencias estadísticamente significativas entre ambos tipos de lentes en las frecuencias espaciales de 3, 6 y 12cpd.

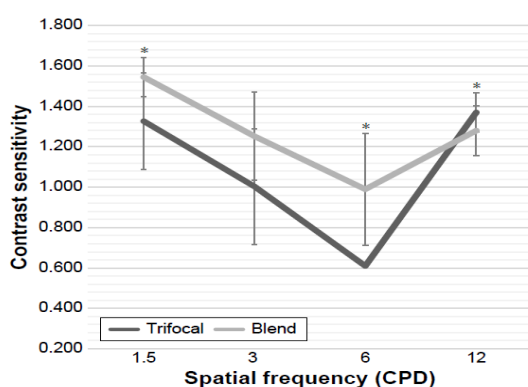


**Figura 16.** Sensibilidad al contraste binocular en condiciones fotópicas sin deslumbramiento en el estudio (Vilar et al. 2017)

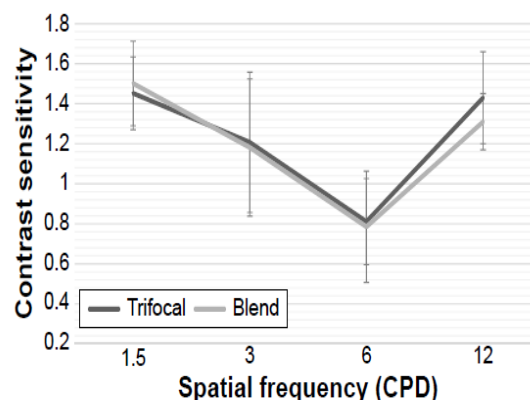


**Figura 15.** Sensibilidad al contraste binocular en condiciones fotópicas con deslumbramiento en el estudio (Vilar et al. 2017)

En condiciones mesópicas las curvas para ambas lentes son completamente diferentes con un pico en el que la sensibilidad al contraste es más baja en la frecuencia espacial de 6cpd tanto en situaciones de deslumbramiento, como en situaciones en las que no influye el deslumbramiento como podemos observar respectivamente en la figura 17 y 18. Si comparamos los resultados obtenidos entre la lente trifocal y la lente bifocal vemos que en condiciones con deslumbramiento la lente bifocal obtuvo mejores resultados de sensibilidad al contraste en las frecuencias espaciales de 1.3, 3 y 6cpd mientras que la trifocal obtuvo resultados ligeramente mejores en 12cpd. Si nos fijamos en la gráfica obtenida sin deslumbramiento podemos observar que no existen diferencias estadísticamente significativas entre la sensibilidad al contraste obtenida con ambas lentes.



**Figura 18.** Sensibilidad al contraste binocular en condiciones mesópicas con deslumbramiento en el estudio (Vilar et al. 2017)



**Figura 17.** Sensibilidad al contraste binocular en condiciones mesópicas sin deslumbramiento en el estudio (Vilar et al. 2017)

Las curvas de desenfoque representadas en el gráfico de la figura 19 que se obtuvo con esta combinación de dos lentes intraoculares bifocales y la lente trifocal eran muy parecidas ya que ambas curvas muestran un patrón propio de una lente trifocal. Si comparamos ambas curvas de desenfoque podemos observar que la lente trifocal obtuvo resultados mejores en el rango comprendido entre -2.00 y 0.00D.

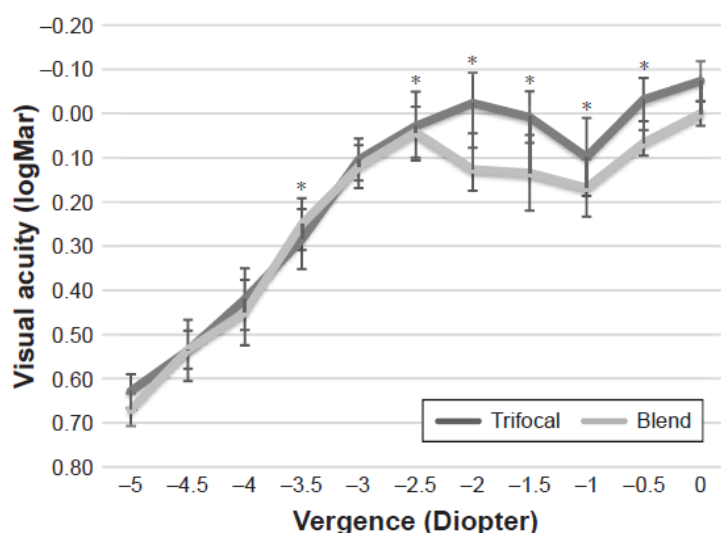


Figura 19. Curva de desenfoque binocular del estudio (Vilar et al. 2017)

(Liu, Xie, and Huang 2018)<sup>34</sup> analizaron la lente AT LISA 809M, una lente intraocular bifocal difractiva biconvexa con la parte posterior esférica. Esta lente difracta la luz de forma que el 65% va destinada a la VL mientras que el 35% está destinada a la VP y posee una adición de +3.75D.

Esta lente la compararon con la lente trifocal AT LISA tri 839MP que proporciona una adición de +1.66D en media distancia y +3.75D para visión próxima.

Todos los ojos implantados con la lente bifocal obtuvieron valores de AVSC de mínimo  $0.15 \pm 0.13$  log MAR. La agudeza visual en la media distancia, unos 80cm, era un poco peor con valores de 0.26 log MAR. En cuanto a la AVSC<sub>VP</sub>, los valores eran de 0.15 log MAR o mejores. Se pueden observar estos valores representados en una tabla en el Anexo 1 Figura 31.

La curva de desenfoque para ambas lentes que se obtuvo en este estudio se puede observar en la figura 20. Si nos fijamos en la curva de la lente bifocal se puede observar dos puntos de máxima agudeza visual, uno en 0.00D y el otro en -3.00D. Si comparamos estos resultados con los de la curva obtenida con la lente trifocal podemos observar que hay diferencias significativas en -1.00D, -1.50D y -2.00D en los cuales la

lente trifocal obtuvo valores de agudeza visual significativamente mejores, respecto a la lente bifocal.

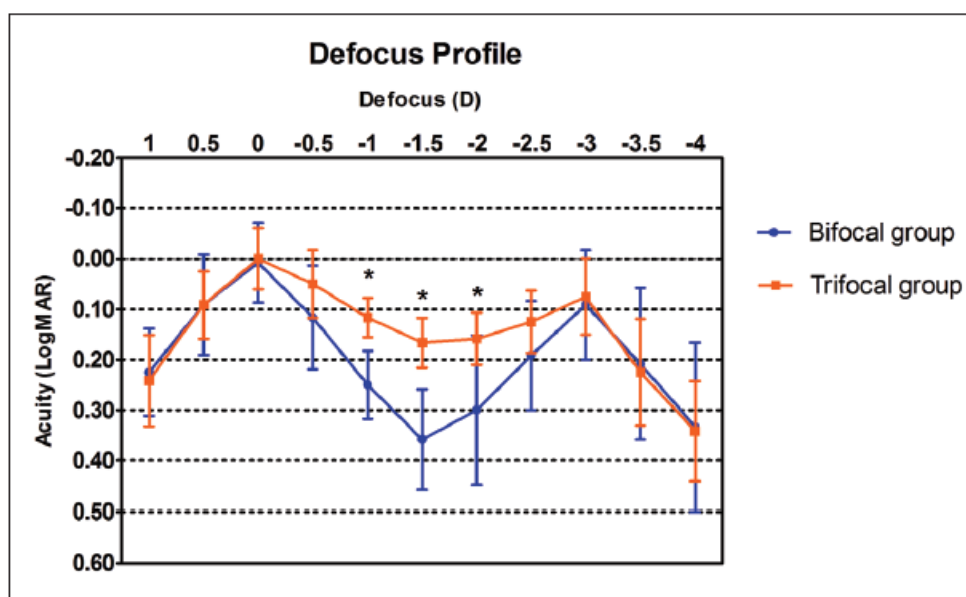


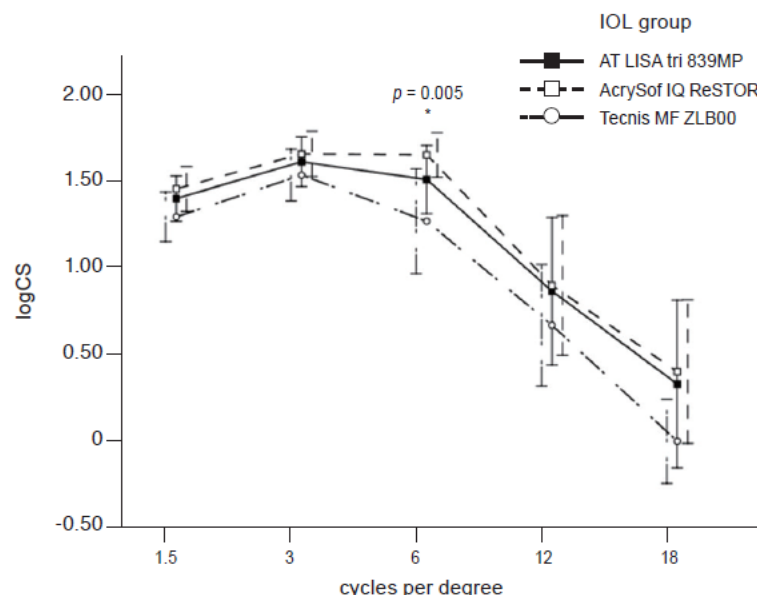
Figura 20. Curva de desenfoque para el estudio de (Liu, Xie, and Huang 2018)

En el estudio de (Kim, Hyon, and Kim 2019)<sup>30</sup> se analizaron las lentes bifocales AcrySof IQ ReSTOR SN6AD1, con una adición de +3.00D y la Tecnis MF ZLB00 con una adición de +3.25D. Los resultados de estas lentes fueron comparados con los resultados obtenidos con una lente trifocal la AT LISA tri 839MP con adición en visión próxima de +3.33D y en visión intermedia de +1.66D.

La Agudeza visual sin corrección en VL obtenida una semana después de la intervención era  $0.09 \pm 0.15$  log MAR en el grupo de la AcrySof IQ ReSTOR; mientras que en el grupo de la Tecnis MF ZLB00 era de  $0.08 \pm 0.12$  log MAR. Cuando se analizaron las AVSC<sub>VL</sub> al cabo de un mes, los valores eran de  $0.06 \pm 0.10$  log MAR para la AcrySof IQ ReSTOR y de  $0.09 \pm 0.09$  log MAR para la Tecnis MF ZLB00.

Si miramos la AVSC<sub>VP</sub>, los valores que se obtuvieron al cabo de cuatro semanas para el grupo de la AcrySof IQ ReSTOR son  $0.10 \pm 0.19$  log MAR mientras que la Tecnis MF ZLB00 dio valores de AVSC<sub>VP</sub> de  $0.06 \pm 0.13$  log MAR. Se pueden observar estos valores representados en una tabla en el Anexo 1 Figura 32.

Si analizamos los resultados obtenidos de sensibilidad al contraste (figura 21) podemos observar que la lente Tecnis MF ZLB00 obtuvo resultados peores que la lente AcrySof IQ ReSTOR. Aun así, ambas lentes sufren una bajada de la sensibilidad al contraste en las frecuencias espaciales altas como sucede en otros estudios. Si comparamos con la lente trifocal podemos observar que no hay diferencias estadísticamente significativas entre la AcrySof IQ ReSTOR y la AT LISA tri 839MP.



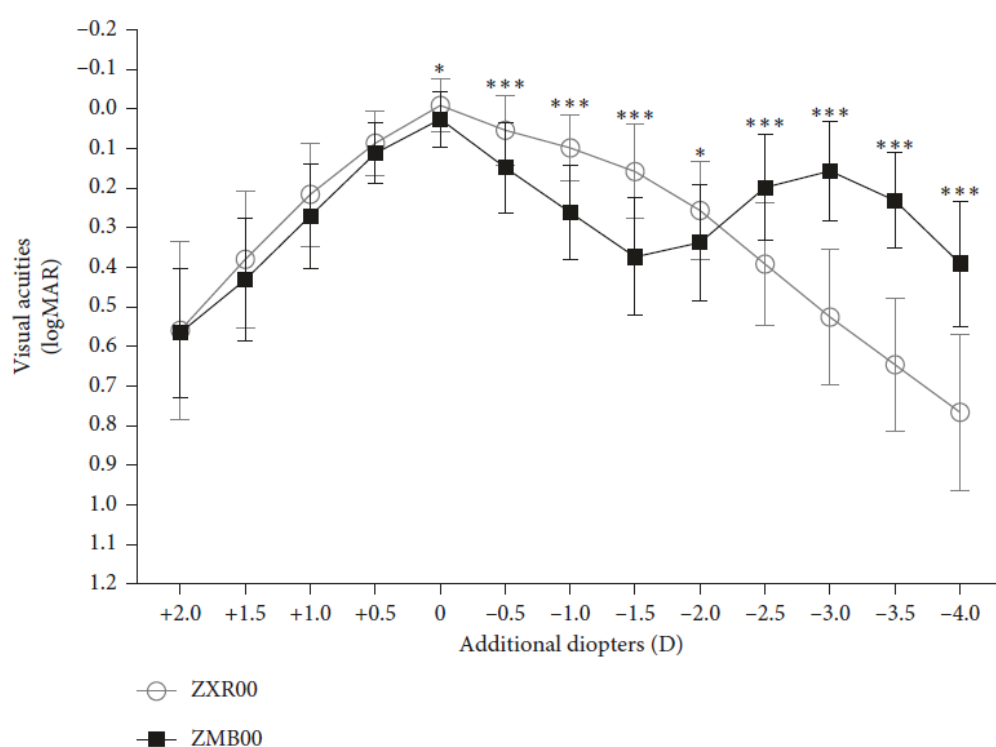
**Figura 21.** Gráfica de la sensibilidad al contraste para el estudio de (Kim, Hyon, and Kim 2019)

En el estudio de (Liu et al. 2019)<sup>35</sup> se analizó la lente Tecnis ZMB00, una lente difractiva bifocal con una superficie posterior formada por 22 anillos concéntricos y que proporciona una adición de +4.00D. La eficiencia lumínica de esta lente es del 82% con una distribución de 1:1 entre ambos focos. Esta lente se comparó con la lente de foco extendido Tecnis Symphony ZXR00.

Con la lente bifocal se obtuvieron valores de AVSC<sub>VL</sub> de 0.22±0.21 log MAR, los valores de AV fueron de 0.30±0.24 log MAR en la distancia intermedia y en visión próxima se obtuvieron valores de 0.32±0.18 log MAR. Se pueden observar estos valores representados en una tabla en el Anexo 1 Figura 33.



Cuando analizamos la curva de desenfoque obtenida con la lente bifocal en este estudio (figura 22) se puede observar una curva típica de una lente bifocal con dos puntos de máxima agudeza visual, uno en 0D y el otro en -3D en los cuales la AV era igual o superior a 0.1 log MAR. Si comparamos esta curva con la curva de la lente de foco extendido se puede observar que esta última es una curva con un solo punto de máxima agudeza visual correspondiente a la vision lejana y que proporciona una calidad visual mejor en el rango de -0.50D a -2.00D, aunque la AV en el rango de -2.50D a -4.00D dio valores inferiores a la lente bifocal.



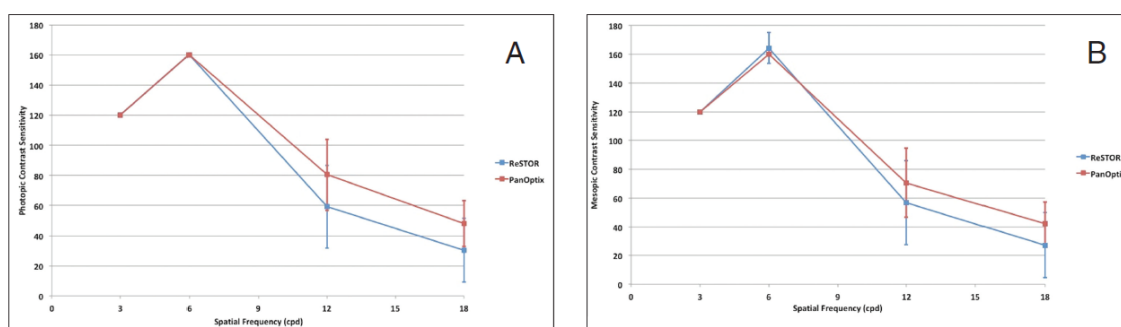
**Figura 22.** Curva de desenfoque del estudio de (Liu et al. 2019) tres meses después de la implantación de la LIO.

(Yesilirmak, Akova, and Donmez 2019)<sup>25</sup> analizaron los resultados obtenidos con una implantación del tipo Mix-Match entre dos lentes ReSTOR de las mismas características, pero con adiciones diferentes. Las lentes utilizadas en este estudio fueron la SV25TV0, de +2.50D, en el ojo dominante, y la SN6AD1 de +3.00D, en el ojo no dominante.

En este estudio se comparó la implantación Mix-Match de las lentes mencionadas anteriormente con la implantación bilateral de la lente trifocal Acrysof IQ PanOptix con una adición de +2.07D en visión intermedia y una adición de +3.25D en VP.

Los resultados de agudeza visual que se obtuvieron con esta técnica de implantación de lentes bifocales fueron los siguientes: cuando analizamos los resultados en visión lejana podemos observar valores de  $AVSC_{VL}$  de  $-0.06 \pm 0.08$  log MAR, mientras que la  $AVCC_{VL}$  era de  $-0.07 \pm 0.08$  log MAR. En la visión intermedia se obtuvieron valores de  $AVSC_{VI}$  de  $0.25 \pm 0.26$  log MAR, mientras que en visión próxima los resultados de  $AVSC_{VP}$  eran de  $0.07 \pm 0.05$  log MAR. Se pueden observar estos valores representados en una tabla en el Anexo 1 Figura 34.

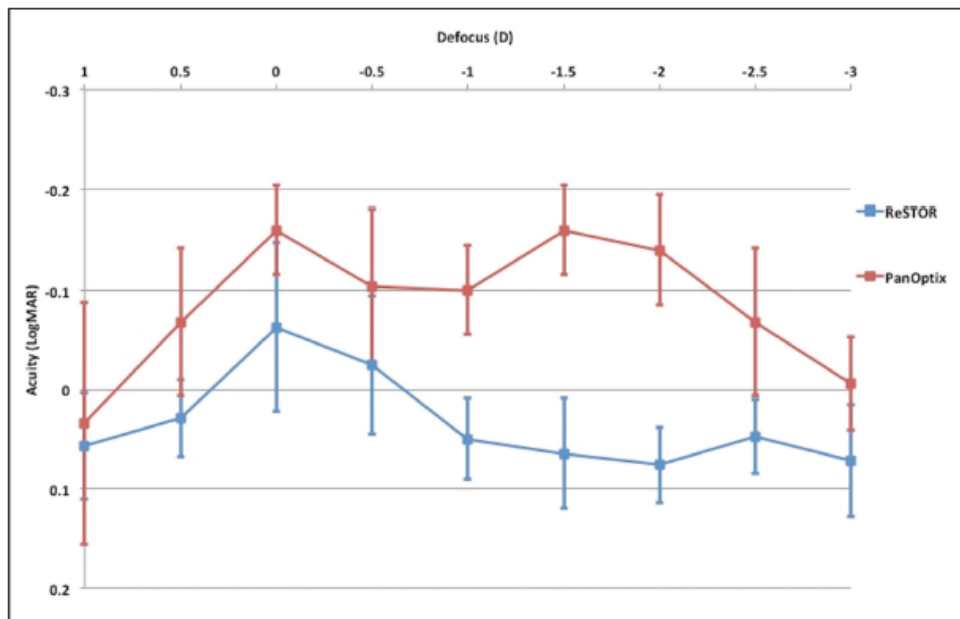
Si analizamos las gráficas de sensibilidad al contraste de la figura 23, podemos observar que la sensibilidad al contraste se ve reducida en las altas frecuencias y que no hay mucha diferencia entre los valores tomados en condiciones fotópicas y mesópicas. Comparando los resultados obtenidos entre la lente trifocal y la implantación de las lentes bifocales podemos ver que los resultados de la lente trifocal son mejores en 12 y 18 cpd tanto en condiciones fotópicas como mesópicas.



**Figura 23.** Gráficas de sensibilidad al contraste para el estudio de (Yesilirmak, Akova, and Donmez 2019), en condiciones fotópicas gráfica A y en condiciones mesópicas gráfica B.

En la curva de desenfoque (figura 24) podemos observar que no se ven dos puntos de máxima agudeza visual tan marcados como en la mayoría de las curvas de desenfoque de las lentes bifocales debido a la utilización de dos lentes de adición diferente.

La agudeza visual obtenida por la lente bifocal es claramente mejor con respecto a la obtenida por la lente trifocal sobre todo en los puntos de -1.00D, -1.50D, -2.00D, -2.50D y -3.00D donde esta diferencia de AV se ve mucho más acentuada.



*Figura 24. Curva de desenfoque del estudio de (Yesilirmak, Akova, and Donmez 2019).*

## 6. Conclusiones

Los resultados obtenidos en esta revisión bibliográfica muestran que existen diferentes diseños de lentes intraoculares, las cuales están en constante desarrollo. Si nos centramos en las lentes intraoculares bifocales podemos ver que son una buena solución tras una cirugía de cataratas o extracción del cristalino.

Los artículos analizados muestran la obtención de una buena agudeza visual con las lentes intraoculares bifocales, tanto en visión lejana como en visión próxima. Esto permite una mayor independencia de las gafas, objetivo que muchos usuarios aspiran obtener. Por lo que a una distancia intermedia refiere, se puede observar una agudeza visual ligeramente peor, que podría suponer la necesidad por parte de algunos usuarios de una compensación óptica para esta distancia.

Las curvas de desenfoque obtenidas en estos estudios muestran gráficamente dos puntos de máxima agudeza visual, que corresponden a visión lejana y visión próxima. También muestran cómo se mencionó anteriormente, un ligero descenso en visión intermedia. Esto se ve más acentuado al comparar los resultados que se obtienen con una lente trifocal.

Los estudios reflejan que la sensibilidad al contraste se ve reducida con la utilización de dichas lentes en las frecuencias espaciales altas (6, 12 y 18 cpd). Esta disminución de la sensibilidad al contraste en frecuencias espaciales altas también es una condición que suele suceder con la edad, aunque manera menos agravante. Al comparar esta disminución de la sensibilidad al contraste con la que se obtiene después de realizar una implantación de lentes trifocales, no se observan diferencias estadísticamente significativas.

Estudios con implante Mix-Match, con dos lentes intraoculares bifocales de diferente adición, pueden resultar en un ligero beneficio de agudeza visual en la visión intermedia. Esto permite solucionar uno de los principales hándicaps que tiene la implantación de este tipo de lentes, ya que se ofrecerá un recorrido de visión nítida mayor que en los casos de implantación normal de lentes bifocales.

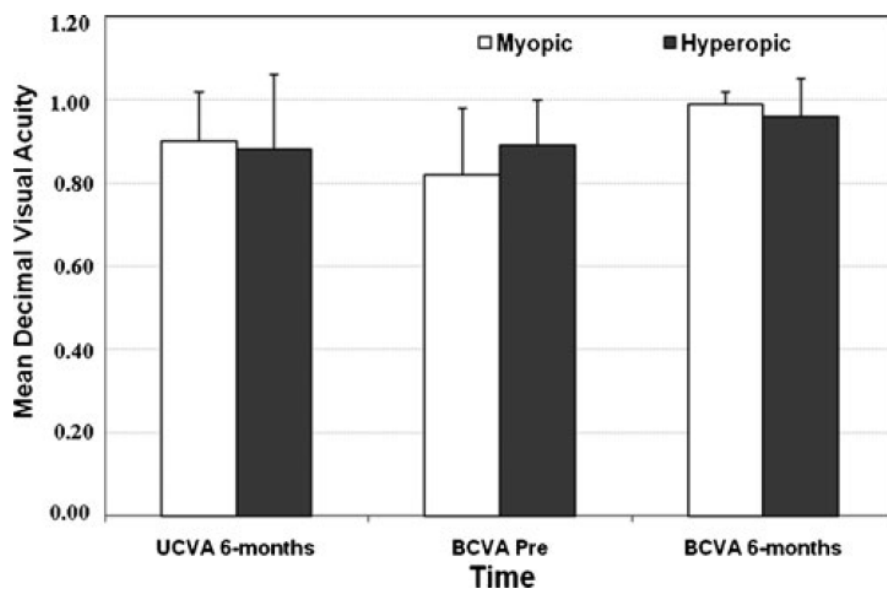
## 7. Bibliografía

1. Wolffsohn, J. S. & Davies, L. N. Presbyopia: Effectiveness of correction strategies. *Prog. Retin. Eye Res.* **68**, 124–143 (2019).
2. de Gracia, P. Optical properties of monovision corrections using multifocal designs for near vision. *J. Cataract Refract. Surg.* **42**, 1501–1510 (2016).
3. Muñoz Mendoza, M., Garzón Giménez, N. & Fernández García, A. Corrección de la presbicia con lentes intraoculares multifocales. *Gac. Óptica* **435**, 36–42 (2009).
4. Vilar, C. *et al.* Comparison between bilateral implantation of a trifocal intraocular lens and blended implantation of two bifocal intraocular lenses. *Clin. Ophthalmol.* **11**, 1393–1397 (2017).
5. Citation for the original published paper : Beckman , C ., Larsson , M ., Hård af Segerstad , S ., Sjöstrand , J ., Nyströms , A . ( 1991 ) Optical properties of diffractive , bifocal intraocular lenses In : Colin M . Perott , ( ed .), Ophthalmic Lens Des. **1529**, 63–70 (1991).
6. de Medeiros, A. L. *et al.* Comparison of visual outcomes after bilateral implantation of a diffractive trifocal intraocular lens and blended implantation of an extended depth of focus intraocular lens with a diffractive bifocal intraocular lens. *Clin. Ophthalmol.* **11**, 1911–1916 (2017).
7. Schmidinger, G., Simader, C., Dejaco-Ruhswurm, I., Skorpik, C. & Pieh, S. Contrast sensitivity function in eyes with diffractive bifocal intraocular lenses. *J. Cataract Refract. Surg.* **31**, 2076–2083 (2005).
8. Jonker, S. M. R. *et al.* Comparison of a trifocal intraocular lens with a +3.0 D bifocal IOL: Results of a prospective randomized clinical trial Presented at the XXXI Congress of the European Society of Cataract and Refractive Surgeons, Amsterdam, the Netherlands, October 2013. *J. Cataract Refract. Surg.* **41**, 1631–1640 (2015).
9. Alfonso, J. F., Fernández-Vega, L., Ortí, S. & Montés-Micó, R. Refractive lens exchange with distance-dominant diffractive bifocal intraocular lens implantation. *Graefe's Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.* **248**, 1507–1514 (2010).
10. Anton, A., Böhringer, D., Bach, M., Reinhard, T. & Birnbaum, F. Contrast sensitivity with bifocal intraocular lenses is halved, as measured with the Freiburg vision test (FrACT), yet patients are happy. *Graefe's Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.* **252**, 539–544 (2014).
11. Potvin, R. & Gundersen, K. G. Comparison of visual outcomes and subjective visual quality after bilateral implantation of a diffractive trifocal intraocular lens and blended implantation of apodized diffractive bifocal intraocular lenses. *Clin. Ophthalmol.* 805 (2016). doi:10.2147/opth.s107162

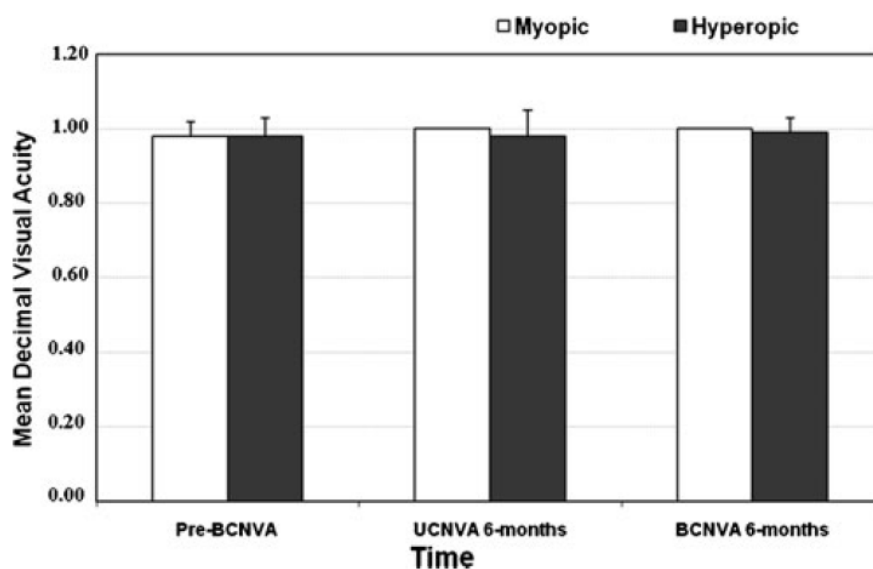
12. Ravikumar, S., Bradley, A., Bharadwaj, S. & Thibos, L. N. Expanding binocular depth of focus by combining monovision with diffractive bifocal intraocular lenses. *J. Cataract Refract. Surg.* **42**, 1288–1296 (2016).
13. Richter-Mueksch, S., Weghaupt, H., Skorpik, C., Velikay-Parel, M. & Radner, W. Reading performance with a refractive multifocal and a diffractive bifocal intraocular lens. *J. Cataract Refract. Surg.* **28**, 1957–1963 (2002).
14. Madrid-Costa, D., Ruiz-Alcocer, J., Ferrer-Blasco, T., García-Lázaro, S. & Montés-Micó, R. Optical Quality Differences Between Three Multifocal Intraocular Lenses: Bifocal Low Add, Bifocal Moderate Add, and Trifocal. *J. Refract. Surg.* **29**, 749–754 (2014).
15. Vega, F. *et al.* Halo and through-focus performance of four diffractive multifocal intraocular lenses. *Investig. Ophthalmol. Vis. Sci.* **56**, 3967–3975 (2015).
16. Bilbao-Calabuig, R. *et al.* Comparison Between Mix-and-Match Implantation of Bifocal Intraocular Lenses and Bilateral Implantation of Trifocal Intraocular Lenses. *J. Refract. Surg.* **32**, 659–663 (2016).
17. Guo, H., Fallah, H. R., Dainty, C. & Goncharov, A. V. Subjective evaluation of intraocular lenses by visual acuity measurement using adaptive optics. *Opt. Lett.* **37**, 2226 (2012).
18. Sieburth, R. & Chen, M. Intraocular lens correction of presbyopia. *Taiwan J. Ophthalmol.* **9**, 4–17 (2019).
19. Kaymak, H., Breyer, D., Alió, J. L. & Coche, B. Visual performance with bifocal and trifocal diffractive intraocular lenses: A prospective three-Armed randomized multicenter clinical trial. *J. Refract. Surg.* **33**, 655–662 (2017).
20. Philippaki, E., Gobin, L., Mandoda, J., Lamy, S. & Castignoles, F. Optical evaluation of new-design multifocal IOLs with extended depth of focus. *J. Opt. Soc. Am. A* **36**, 759 (2019).
21. Bellucci, R., Cargnoni, M. & Bellucci, C. Clinical and aberrometric evaluation of a new extended depth-of-focus intraocular lens based on spherical aberration. *J. Cataract Refract. Surg.* **45**, 919–926 (2019).
22. Kretz, F. T. A. *et al.* Intermediate and near visual acuity of an aspheric, bifocal, diffractive multifocal intraocular lens with +3.25 D near addition. *J. Refract. Surg.* **31**, 295–299 (2015).
23. Gatinel, D. & Loicq, J. Clinically relevant optical properties of bifocal, trifocal, and extended depth of focus intraocular lenses. *J. Refract. Surg.* **32**, 273–280 (2016).
24. Chang, J. S. M., Ng, J. C. M., Chan, V. K. C. & Law, A. K. P. Visual Outcomes, Quality of Vision, and Quality of Life of Diffractive Multifocal Intraocular Lens Implantation after Myopic Laser in Situ Keratomileusis: A Prospective, Observational Case Series. *J. Ophthalmol.* **2017**, (2017).

25. Yesilirmak, N., Akova, Y. A. & Donmez, O. Comparison of mix-and-match implanted bifocal IOLs and bilateral implanted trifocal IOLs after femtosecond laser-assisted cataract surgery. *J. Refract. Surg.* **35**, 559–564 (2019).
26. Percival, S. P. B. Prospective study of the new diffractive bifocal intraocular lens. *Eye* **3**, 571–575 (1989).
27. Mojzis, P., Kukuckova, L., Majerova, K., Liehneova, K. & Piñero, D. P. Comparative analysis of the visual performance after cataract surgery with implantation of a bifocal or trifocal diffractive IOL. *J. Refract. Surg.* **30**, 666–672 (2014).
28. Son, H. S. *et al.* In vitro optical quality measurements of three intraocular lens models having identical platform. *BMC Ophthalmol.* **17**, 1–10 (2017).
29. Millán, M. S., Vega, F. & Ríos-López, I. Polychromatic image performance of diffractive bifocal intraocular lenses: Longitudinal chromatic aberration and energy efficiency. *Investig. Ophthalmol. Vis. Sci.* **57**, 2021–2028 (2016).
30. Kim, B. H., Hyon, J. Y. & Kim, M. K. Effects of Bifocal versus Trifocal Diffractive Intraocular Lens Implantation on Visual Quality after Cataract Surgery. *Korean J. Ophthalmol.* **33**, 333 (2019).
31. Cochener, B. Prospective clinical comparison of patient outcomes following implantation of trifocal or bifocal intraocular lenses. *J. Refract. Surg.* **32**, 146–151 (2016).
32. Radhakrishnan, A., Dorronsoro, C. & Marcos, S. Differences in visual quality with orientation of a rotationally asymmetric bifocal intraocular lens design. *J. Cataract Refract. Surg.* **42**, 1276–1287 (2016).
33. Mojzis, P., Kukuckova, L., Majerova, K., Ziak, P. & Piñero, D. P. Postoperative visual performance with a bifocal and trifocal diffractive intraocular lens during a 1-year follow-up. *Int. J. Ophthalmol.* **10**, 1528–1533 (2017).
34. Liu, X., Xie, L. & Huang, Y. Comparison of the visual performance after implantation of bifocal and trifocal intraocular lenses having an identical platform. *J. Refract. Surg.* **34**, 273–280 (2018).
35. Liu, X. *et al.* Comparison of the clinical outcomes between echelette extended range of vision and diffractive bifocal intraocular lenses. *J. Ophthalmol.* **2019**, (2019).

## ANEXO 1



*Figura 25. Comparación AVSC<sub>VL</sub> anterior a la intervención y la AVCC<sub>VL</sub> posterior a la intervención en el estudio de (Alfonso et al. 2010)*



*Figura 26. Comparación AVSC<sub>VP</sub> anterior a la intervención y la AVCC<sub>VP</sub> posterior a la intervención en el estudio de (Alfonso et al. 2010)*



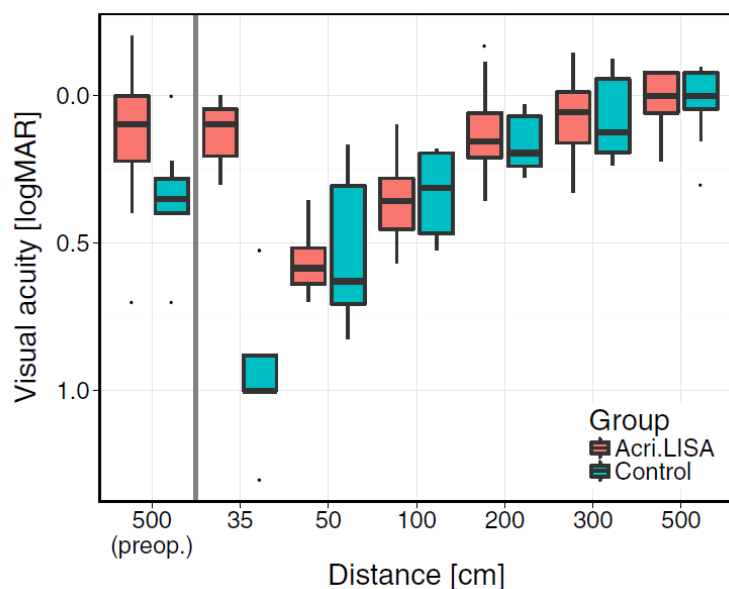


Figura 27. Gráfico de la AV en las diferentes distancias para el estudio de (Anton et al. 2014)

Parameters	Bifocal Group	Trifocal Group	P
logMAR UDVA (SD)	0.00 ± 0.13	-0.05 ± 0.08	.21 <sup>b</sup>
Median (range)	0.00 (range: -0.10 to 0.40)	-0.10 (range: -0.20 to 0.10)	
logMAR CDVA (SD)	-0.03 ± 0.11	-0.06 ± 0.07	.37 <sup>b</sup>
Median (range)	0.00 (range: -0.20 to 0.40)	-0.10 (range: -0.20 to 0.10)	
logMAR UNVA (33 cm) (SD)	0.21 ± 0.12	0.07 ± 0.09	< .01 <sup>b</sup>
Median (range)	0.20 (range: 0.00 to 0.60)	0.10 (range: -0.10 to 0.40)	
logMAR CNVA (33 cm) (SD)	0.16 ± 0.11	0.06 ± 0.07	< .01 <sup>b</sup>
Median (range)	0.10 (range: -0.10 to 0.40)	0.10 (range: -0.10 to 0.20)	
logMAR DCNVA (33 cm) (SD)	0.21 ± 0.13	0.07 ± 0.09	< .01 <sup>b</sup>
Median (range)	0.20 (range: 0.00 to 0.60)	0.10 (range: -0.10 to 0.40)	
logMAR UNVA (40 cm) (SD)	0.30 ± 0.15	0.15 ± 0.09	< .01 <sup>b</sup>
Median (range)	0.30 (range: 0.10 to 0.60)	0.10 (range: 0.00 to 0.40)	
logMAR CNVA (40 cm) (SD)	0.27 ± 0.12	0.12 ± 0.07	< .01 <sup>b</sup>
Median (range)	0.30 (range: 0.10 to 0.50)	0.10 (range: 0.00 to 0.30)	
logMAR DCNVA (40 cm) (SD)	0.32 ± 0.16	0.14 ± 0.10	< .01 <sup>b</sup>
Median (range)	0.30 (range: 0.10 to 0.70)	0.10 (range: 0.00 to 0.40)	
logMAR UIVA (66 cm) (SD)	0.29 ± 0.18	0.06 ± 0.07	< .01 <sup>b</sup>
Median (range)	0.30 (range: -0.10 to 0.60)	0.05 (range: 0.00 to 0.30)	
logMAR CIVA (66 cm) (SD)	0.10 ± 0.11	0.05 ± 0.05	.03 <sup>b</sup>
Median (range)	0.10 (range: -0.10 to 0.40)	0.00 (range: 0.00 to 0.10)	
logMAR DCIVA (66 cm) (SD)	0.30 ± 0.17	0.06 ± 0.07	< .01 <sup>b</sup>
Median (range)	0.30 (range: 0.00 to 0.60)	0.05 (range: 0.00 to 0.30)	
logMAR UIVA (80 cm) (SD)	0.24 ± 0.16	0.03 ± 0.08	< .01 <sup>b</sup>
Median (range)	0.20 (range: -0.10 to 0.60)	0.00 (range: -0.20 to 0.20)	
logMAR CIVA (80 cm) (SD)	0.06 ± 0.10	0.03 ± 0.08	.21 <sup>b</sup>
Median (range)	0.10 (range: -0.10 to 0.40)	0.00 (range: -0.20 to 0.20)	
logMAR DCIVA (80 cm) (SD)	0.24 ± 0.15	0.03 ± 0.08	< .01 <sup>b</sup>
Median (range)	0.20 (range: -0.10 to 0.60)	0.00 (range: -0.20 to 0.20)	
Sphere (D) (SD)	-0.18 ± 0.38	-0.19 ± 0.35	.85 <sup>b</sup>
Median (range)	-0.25 (range: -1.00 to +0.75)	-0.25 (range: -1.00 to +0.75)	
Cylinder (D) (SD)	-0.46 ± 0.33	-0.20 ± 0.21	< .01 <sup>b</sup>
Median (range)	-0.50 (range: -1.00 to 0.00)	-0.25 (range: -0.75 to 0.00)	
Spherical equivalent (D) (SD)	-0.40 ± 0.42	-0.29 ± 0.33	.22 <sup>c</sup>
Median (range)	-0.38 (range: -1.38 to +0.25)	-0.25 (range: -1.25 to +0.38)	
Corneal astigmatism (D) (SD)	0.81 ± 0.42	0.71 ± 0.27	.27 <sup>c</sup>
Median (range)	0.76 (range: 0.15 to 1.59)	0.74 (range: 0.19 to 1.18)	

UDVA = uncorrected distance visual acuity; SD = standard deviation; CDVA = corrected distance visual acuity; UNVA = uncorrected near visual acuity; CNVA = corrected near visual acuity; DCNVA = distance-corrected near visual acuity; UIVA = uncorrected intermediate visual acuity; CIVA = corrected intermediate visual acuity; DCIVA = distance-corrected intermediate visual acuity; D = diopters

<sup>a</sup>The corresponding P values for the comparison between groups are shown for each parameter evaluated.

<sup>b</sup>Wilcoxon test.

<sup>c</sup>Unpaired Student's t test.

Figura 28. Agudezas Visuales a los 3 meses de la operación en el estudio de (Mojzis et al. 2014)

TABLE 1 Postoperative Monocular Visual Acuity (Mean $\pm$ SD)			
Visual Acuity	FineVision	Tecnis	P
UDVA (logMAR)	0.08 $\pm$ 0.08	0.11 $\pm$ 0.09	.23
CDVA (logMAR)	0.03 $\pm$ 0.04	0.03 $\pm$ 0.04	.85
DCNVA (logMAR)	0.01 $\pm$ 0.00	0.01 $\pm$ 0.00	1.00
UNVA (logMAR)	0.01 $\pm$ 0.01	0.02 $\pm$ 0.02	.84
SD = standard deviation; UDVA = uncorrected distance visual acuity; CDVA = corrected distance visual acuity; DCNVA = distance-corrected near visual acuity; UNVA = uncorrected near visual acuity The FineVision Micro F trifocal intraocular lens is manufactured by PhysiOL, Liège, Belgium, and the Tecnis ZMB00 bifocal intraocular lens is manufactured by Abbott Medical Optics, Santa Ana, CA.			

TABLE 2 Postoperative Distance and Near Monocular Uncorrected Visual Acuity			
Visual Acuity	FineVision	Tecnis	P
CDVA $\geq$ logMAR 0.1	30 (100%)	24 (100%)	1.00
DCNVA $\geq$ logMAR 0.1	30 (100%)	24 (100%)	1.00
UDVA $\geq$ logMAR 0.3	30 (100%)	24 (100%)	1.00
UDVA $\geq$ logMAR 0.1	25 (83%)	17 (70%)	.15
UNVA $\geq$ logMAR 0.3	30 (100%)	24 (100%)	1.00
UNVA $\geq$ logMAR 0.1	38 (95%)	22 (92%)	.84
CDVA = corrected distance visual acuity; DCNVA = distance-corrected near visual acuity; UDVA = uncorrected distance visual acuity; UNVA = uncorrected near visual acuity The FineVision Micro F trifocal intraocular lens is manufactured by PhysiOL, Liège, Belgium, and the Tecnis ZMB00 bifocal intraocular lens is manufactured by Abbott Medical Optics, Santa Ana, CA.			

TABLE 3 Postoperative Binocular Distance, Intermediate, and Near Uncorrected Visual Acuity (Mean $\pm$ SD)			
Visual Acuity	FineVision	Tecnis	P
UDVA	0.02 $\pm$ 0.04	0.04 $\pm$ 0.05	.34
UIVA	0.07 $\pm$ 0.05	0.11 $\pm$ 0.05	.40
UNVA	0.01 $\pm$ 0.00	0.01 $\pm$ 0.00	1.00
UDVA = uncorrected distance visual acuity; UIVA = uncorrected intermediate visual acuity; UNVA = uncorrected near visual acuity The FineVision Micro F trifocal intraocular lens is manufactured by PhysiOL, Liège, Belgium, and the Tecnis ZMB00 bifocal intraocular lens is manufactured by Abbott Medical Optics, Santa Ana, CA.			

TABLE 4 Postoperative Binocular Distance, Near, and Intermediate UNVA		
Visual Acuity	FineVision	Tecnis
UDVA $\geq$ logMAR 0.1	15 (100%)	11 (91.6%)
UIVA $\geq$ logMAR 0.1	14 (93%)	6 (50%)
UNVA $\geq$ logMAR 0.1	15 (100%)	12 (100%)
UNVA = uncorrected near visual acuity; UDVA = uncorrected distance visual acuity; UIVA = uncorrected intermediate visual acuity The FineVision Micro F trifocal intraocular lens is manufactured by PhysiOL, Liège, Belgium, and the Tecnis ZMB00 bifocal intraocular lens is manufactured by Abbott Medical Optics, Santa Ana, CA.		

Figura 29. Valores de Agudeza Visual del estudio de (Cochener 2016).

Parameters	Bifocal group		Trifocal group		P
	Mean (SD)	Median (Range)	Mean (SD)	Median (Range)	
UDVA (logMAR)	0.57 (0.36)	0.50 (0.10 to 1.50)	0.54 (0.36)	0.40 (0.00 to 1.30)	0.665
CDVA (logMAR)	0.20 (0.31)	0.10 (-0.20 to 1.00)	-0.03 (0.10)	0.00 (-0.20 to 0.20)	<0.001
UNVA (logMAR, 33 cm)	0.73 (0.32)	0.70 (0.30 to 1.40)	0.81 (0.22)	0.90 (0.20 to 1.20)	0.205
CNVA (logMAR, 33 cm)	0.24 (0.27)	0.20 (-0.20 to 1.10)	0.05 (0.10)	0.00 (-0.20 to 0.20)	<0.001
DCNVA (logMAR, 33 cm)	0.63 (0.24)	0.60 (0.10 to 1.40)	0.55 (0.19)	0.55 (0.20 to 0.90)	0.065
UNVA (logMAR, 40 cm)	0.76 (0.34)	0.70 (0.30 to 1.50)	0.81 (0.24)	0.85 (0.30 to 1.20)	0.319
CNVA (logMAR, 40 cm)	0.27 (0.30)	0.20 (0.00 to 1.50)	0.07 (0.12)	0.10 (-0.10 to 0.40)	<0.001
DCNVA (logMAR, 40 cm)	0.62 (0.28)	0.60 (0.10 to 1.50)	0.56 (0.18)	0.60 (0.10 to 0.90)	0.357
UIVA (logMAR, 66 cm)	0.61 (0.36)	0.60 (0.00 to 1.50)	0.70 (0.30)	0.65 (0.20 to 1.30)	0.318
CIVA (logMAR, 66 cm)	0.17 (0.28)	0.10 (-0.20 to 1.10)	-0.02 (0.10)	0.00 (-0.20 to 0.10)	0.001
DCTVA (logMAR, 66 cm)	0.41 (0.27)	0.30 (0.00 to 1.40)	0.26 (0.20)	0.30 (-0.10 to 0.80)	0.007
UIVA (logMAR, 80 cm)	0.60 (0.33)	0.60 (0.10 to 1.20)	0.63 (0.27)	0.60 (0.10 to 1.30)	0.728
CIVA (logMAR, 80 cm)	0.18 (0.27)	0.10 (-0.10 to 1.10)	0.01 (0.09)	0.00 (-0.20 to 0.20)	0.001
DCTVA (logMAR, 80 cm)	0.39 (0.24)	0.40 (0.00 to 1.10)	0.20 (0.20)	0.20 (-0.10 to 1.00)	<0.001
Sphere (D)	0.43 (3.15)	0.75 (-7.25 to 9.00)	0.91 (2.96)	1.50 (-8.75 to 5.00)	0.030
Cylinder (D)	-0.54 (0.56)	-0.50 (-2.25 to 0.00)	-0.34 (0.35)	-0.25 (-1.25 to 0.00)	0.076
Spherical equivalent (D)	0.20 (3.12)	0.75 (-7.25 to 8.12)	0.75 (3.01)	1.38 (-8.75 to 4.88)	0.038
KM (D)	43.63 (1.86)	43.89 (40.59 to 47.64)	43.12 (1.71)	42.89 (39.71 to 46.88)	0.174
Corneal astigmatism (D)	0.56 (0.28)	0.53 (0.18 to 1.17)	0.58 (0.22)	0.58 (0.09 to 1.01)	0.413
AL (mm)	23.35 (1.26)	23.38 (19.23 to 25.31)	23.32 (1.57)	23.10 (21.05 to 28.09)	0.181
ACD (mm)	3.32 (0.36)	3.38 (2.48 to 3.85)	3.18 (0.33)	3.17 (2.55 to 4.05)	0.023
IOL power (D)	20.79 (4.02)	20.50 (12.50 to 33.00)	22.18 (4.79)	22.25 (11.50 to 29.50)	0.017

Figura 30. Tabla comparativa de las Agudezas Visuales en el estudio de (Mojzis et al. 2017)

TABLE 1  
**3-Month Postoperative Visual Acuities of Patients  
 Implanted With Trifocal or Bifocal IOLs**

Parameters	Bifocal	Trifocal	P
logMAR UDVA			.41
Mean $\pm$ SD	0.04 $\pm$ 0.10	0.02 $\pm$ 0.09	
Range	-0.10 to 0.20	-0.10 to 0.20	
logMAR CDVA			.16
Mean $\pm$ SD	-0.01 $\pm$ 0.08	-0.04 $\pm$ 0.07	
Range	-0.10 to 0.10	-0.10 to 0.10	
logMAR UIVA			< .01
Mean $\pm$ SD	0.26 $\pm$ 0.13	0.08 $\pm$ 0.10	
Range	0.00 to 0.50	-0.10 to 0.30	
logMAR DCIVA			< .01
Mean $\pm$ SD	0.21 $\pm$ 0.12	0.06 $\pm$ 0.08	
Range	0.00 to 0.40	-0.10 to 0.20	
logMAR CIVA			< .01
Mean $\pm$ SD	0.10 $\pm$ 0.07	0.02 $\pm$ 0.05	
Range	0.00 to 0.20	-0.10 to 0.10	
logMAR UNVA			.22
Mean $\pm$ SD	0.15 $\pm$ 0.13	0.11 $\pm$ 0.11	
Range	0.00 to 0.40	-0.10 to 0.30	
logMAR DCNVA			.05
Mean $\pm$ SD	0.09 $\pm$ 0.07	0.07 $\pm$ 0.08	
Range	0.00 to 0.20	-0.10 to 0.30	
logMAR CNVA			.15
Mean $\pm$ SD	0.06 $\pm$ 0.08	0.02 $\pm$ 0.09	
Range	-0.10 to 0.20	-0.10 to 0.20	
UDVA $\geq$ logMAR 0.1	26 (86.7%)	23 (92.0%)	1.00
UIVA $\geq$ logMAR 0.1	6 (20.0%)	20 (80.0%)	< .01
UNVA $\geq$ logMAR 0.1	16 (53.3%)	17 (68.0%)	.41

IOLs = intraocular lenses; UDVA = uncorrected distance visual acuity; SD = standard deviation; CDVA = corrected distance visual acuity; UIVA = uncorrected intermediate visual acuity; DCIVA = distance-corrected intermediate visual acuity; CIVA = corrected intermediate visual acuity; UNVA = uncorrected near visual acuity; DCNVA = distance-corrected near visual acuity; CNVA = corrected near visual acuity; SD = standard deviation

**Figura 31.** Valores de AV en el estudio de (Liu, Xie, and Huang 2018).

	AT LISA tri 839MP	AcrySof IQ ReSTOR	Tecnis MF ZLB00	p-value
1 Week postoperative				
UDVA	0.03 $\pm$ 0.10	0.09 $\pm$ 0.15	0.08 $\pm$ 0.12	0.229
UIVA	0.14 $\pm$ 0.18	0.10 $\pm$ 0.14	0.18 $\pm$ 0.21	0.759
UNVA	0.04 $\pm$ 0.20	0.11 $\pm$ 0.15	0.05 $\pm$ 0.15	0.265
1 Month postoperative				
UDVA	0.05 $\pm$ 0.08	0.06 $\pm$ 0.10	0.09 $\pm$ 0.09	0.327
UIVA	0.16 $\pm$ 0.17	0.02 $\pm$ 0.29	0.08 $\pm$ 0.14	0.096
UNVA	0.09 $\pm$ 0.17	0.10 $\pm$ 0.19	0.06 $\pm$ 0.13	0.876

Values are presented as mean  $\pm$  standard deviation; Continuous variables were assessed with the Kruskal-Wallis test. UDVA = uncorrected distant visual acuity; UIVA = uncorrected intermediate visual acuity at an 80-cm distance; UNVA = uncorrected near visual acuity at a 40-cm distance.

**Figura 32.** Agudezas visuales en visión lejana, próxima e intermedia después de una semana de la intervención y cuatro semanas en el estudio de (Kim, Hyon, and Kim 2019).

Parameter	Postoperative visit			P value
	1 week	1 month	3 months	
UCDVA (logMAR), mean $\pm$ SD				
ZXR00 (eyes = 39)	0.10 $\pm$ 0.14	0.11 $\pm$ 0.15	0.09 $\pm$ 0.13	0.606
ZMB00 (eyes = 28)	0.22 $\pm$ 0.21	0.19 $\pm$ 0.16	0.19 $\pm$ 0.17	0.415
UCIVA (logMAR), mean $\pm$ SD				
ZXR00 (eyes = 39)	0.19 $\pm$ 0.16	0.18 $\pm$ 0.17	0.14 $\pm$ 0.12	0.161
ZMB00 (eyes = 28)	0.38 $\pm$ 0.24	0.35 $\pm$ 0.15	0.30 $\pm$ 0.15	0.112
UCNVA (logMAR), mean $\pm$ SD				
ZXR00 (eyes = 39)	0.44 $\pm$ 0.19	0.35 $\pm$ 0.20 <sup>†</sup>	0.34 $\pm$ 0.20 <sup>†</sup>	0.008
ZMB00 (eyes = 28)	0.32 $\pm$ 0.18	0.28 $\pm$ 0.19	0.25 $\pm$ 0.18	0.126
SE (D), mean $\pm$ SD				
ZXR00 (eyes = 39)	-0.19 $\pm$ 0.49	-0.21 $\pm$ 0.60	-0.19 $\pm$ 0.64	0.964
ZMB00 (eyes = 28)	0.23 $\pm$ 0.69	0.22 $\pm$ 0.71	0.12 $\pm$ 0.79	0.088

<sup>†</sup> P < 0.05 compared to the visual acuity of 1 week after operation. UCDVA = uncorrected distance visual acuity; UCIVA = uncorrected intermediate visual acuity; UCNVA = uncorrected near visual acuity; SE = spherical equivalent; D = diopter; SD = standard deviation.

**Figura 33.** Valores de Agudeza Visual obtenidos en el estudio de (Liu et al. 2019)

TABLE 2 Comparison of 6-Month Postoperative Visual Outcomes Between Groups <sup>a</sup>			
Outcome	ReSTOR Group (n = 15)	PanOptix Group (n = 20)	P
UDVA (logMAR)	-0.06 $\pm$ 0.08	-0.14 $\pm$ 0.05	.08
CDVA (logMAR)	-0.07 $\pm$ 0.08	-0.14 $\pm$ 0.05	.12
UIVA (logMAR)	0.25 $\pm$ 0.16	0.03 $\pm$ 0.05	< .01
UNVA (logMAR)	0.07 $\pm$ 0.05	0.00 $\pm$ 0.00	< .01
Spherical equivalent [D]	-0.14 $\pm$ 0.23	-0.10 $\pm$ 0.17	.51
Refractive cylinder [D]	-0.36 $\pm$ 0.30	-0.31 $\pm$ 0.22	.51

UDVA = uncorrected distance visual acuity; CDVA = corrected distance visual acuity; UIVA = uncorrected intermediate visual acuity; UNVA = uncorrected near visual acuity; D = diopters  
<sup>a</sup>Values are presented as mean  $\pm$  standard deviation.  
The ReSTOR and PanOptix lenses are manufactured by Alcon Laboratories, Inc., Fort Worth, Texas.

**Figura 34.** Tabla con los valores de la Agudeza Visual en el estudio de (Yesilirmak, Akova, and Donmez 2019)